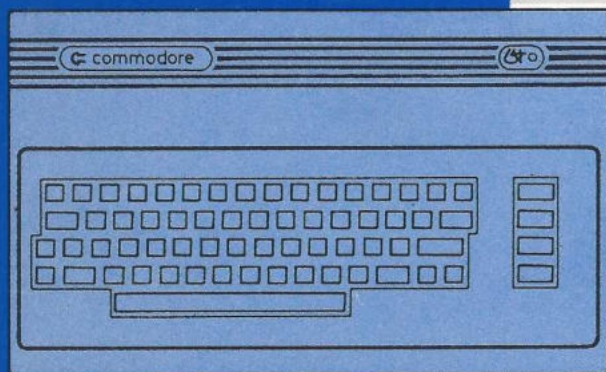


EENVOUDIGE INTERFACE SCHAKELINGEN

VOOR **COMMODORE 64**
VIC-20,
BBC MICRO
EN **ACORN ELECTRON**



- lichtpen
- modelbesturing
- magnetisch slot
- beeldaftaster
- weerstation
- potentiometerbesturing
- extra speltoetsen
- pulsdetector
- vloeistofdector
- akoestische flitstrigger

EENVOUDIGE
INTERFACE-SCHAKELINGEN
VOOR COMMODORE 64, VIC-20,
BBC Micro & Acorn Electron

CIP-GEGEVENS

Bishop, O.

Eenvoudige Interface schakelingen voor de Commodore 64, VIC-20, BBC Micro en Acorn Electron/Owen Bishop;

(vert. uit het Engels door Jos Verstraten). - Bussum: Muiderkring - ill.

Vert. van: Easy Add-on Projects for Commodore 64, VIC-20, BBC Micro & Acorn Electron. - London: Babani, 1985.

ISBN 90-6082-274-9

SISO 365.3 UDC 681.31.3.06

Trefw.: microcomputers.

© 1985 Bernard Babani (publishing) LTD - London - England

© 1985 De Muiderkring BV - Bussum - Nederland

Aan de in dit boek opgenomen schakelingen is de grootste zorg besteed. De uitgeefster kan noch garantie, noch juridische of enige andere verantwoordelijkheid aanvaarden voor de gevolgen die toe te schrijven zijn aan foutieve opgaven in dit boek.

Wel houdt de uitgeefster zich te allen tijde aanbevolen voor op- en aanmerkingen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm, magneetdrager of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISBN 90 6082 274 9

OWEN BISHOP

INTERFACE EENVOUDIGE SCHAKELINGEN

**VOOR
COMMODORE 64,
VIC-20,
BBC MICRO
EN
ACORN ELECTRON**



DE MUIDERKRING B.V. - BUSSUM
UITGEVERIJ VAN TECHNISCHE BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN

INHOUD

| | |
|--|-----|
| INLEIDING..... | 6 |
| 1 - PULSDETECTOR..... | 16 |
| 2 - BEELDAFTASTER | 18 |
| 3 - EXTRA SPELTOETSEN..... | 27 |
| 4 - MODELBESTURING | 32 |
| 5 - PIEPER..... | 39 |
| 6 - KNIPPERLICHT | 42 |
| 7 - LICHTPEN..... | 45 |
| 8 - MAGNETISCH SLOT | 52 |
| 9 - RONDETELLER..... | 56 |
| 10 - AKOESTISCHE FLITS-TRIGGER | 60 |
| 11 - POTENTIOMETERBESTURING | 64 |
| 12 - VLOEISTOFDETECTOR..... | 68 |
| 13 - WINDRICHTINGSMETER | 70 |
| 14 - WINDSNELHEIDSMETER..... | 74 |
| 15 - THERMOMETER..... | 78 |
| 16 - BAROMETER..... | 83 |
| 17 - ZONLICHTMETER | 89 |
| APPENDIX A - DE DECODER | 94 |
| APPENDIX B - DE DECODER EN DE ACORN ELECTRON | 104 |
| APPENDIX C - PRINT EN KABELS..... | 105 |
| APPENDIX D - AANSLUITGEGEVENS ELEKTRONISCHE ONDERDELEN..... | 106 |

INLEIDING

Interfacetechnieken

In dit boek worden een aantal eenvoudige elektronische schakelingen beschreven, die men kan aansluiten op Commodore 64, VIC-20, Acorn Electron of BBC computers. Alle schakelingen zijn uitvoerig getest, in de meeste gevallen zelfs in combinatie met alle genoemde computers. Bij model A van de BBC computer moet men er echter wel rekening mee houden dat men gebruik moet maken van de "Users-port upgrade". Bovendien moet men voor het toepassen van project 11 tevens de beschikking hebben over de analoge poortuitbreiding.

De beschreven schakelingen zijn zeer eenvoudig en in de meeste gevallen opgebouwd uit slechts enkele goedkope transistoren en geïntegreerde schakelingen. Ook de noodzakelijke bedrading is tot een minimum teruggebracht wat, zeker voor computerschakelingen, tamelijk uniek genoemd kan worden. Veelal kenmerken dergelijke schakelingen zich immers door een onoverzichtelijke bedrading. De in dit boek behandelde uitbreidingsschakelingen zijn daarentegen zelfs door een 'beginner' na te bouwen.

Ook in het gebruik kenmerken de beschreven apparaatjes zich door eenvoud: de noodzakelijke software bestaat uit zeer kleine en gemakkelijk te begrijpen programma's in BASIC die rechtstreeks in de computer kunnen worden ingetoetst.

De ervaren BASIC-programmeurs zullen echter veel genoeg kunnen beleven aan het uitbreiden van de eenvoudige listings en alle mogelijkheden van de eenvoudige schakelingetjes door uitgebreidere programma's volledig tot hun recht laten komen. Niet zo ervaren programmeurs wordt echter aangeraden zich in eerste instantie te beperken tot het ongewijzigd overnemen van de opgenomen listings.

Zoals reeds gezegd kan men de schakelingen gebruiken in combinatie met vier verschillende computers. Schakelt men later over naar een andere computer, dan kan men de reeds gebouwde uitbreidingen in de meeste gevallen zonder meer gebruik-

ken op de nieuwe computer. Ook is het mogelijk om uitbreidingsschakelingen welke zijn ontworpen voor Z80 computers (Sinclair's ZX81 of Spectrum) op een van de in dit boek genoemde computers aan te sluiten met behulp van de in Appendix A beschreven decoder.

Logische spanningen in computerschakelingen

Computers zetten alle gegevens (cijfers, letters en symbolen) om in elektrische signalen. Deze kunnen slechts twee waarden hebben: signaal aanwezig of signaal niet aanwezig. Het aanwezig zijn van een signaal wordt voorgesteld door "1" en het afwezig zijn van signaal door "0". In de meeste gevallen werkt een aantal signalen samen. Een enkel signaal noemt men een "bit", een combinatie van vier signalen een "nibble" en een combinatie van acht signalen een "byte".

Zuiver elektronisch bekeken komt een "0" overeen met een spanning van 0 volt ("laag" of "L") en een binaire "1" met een elektrische spanning van + 5 volt ("hoog" of "H").

Elk door de computer te verwerken gegeven, of het nu een cijfer, letter of symbool betreft, wordt voorgesteld door een bepaalde code van "0"- en "1"-spanningen op een aantal (meestal 8) lijnen of draden in het inwendige van de computer.

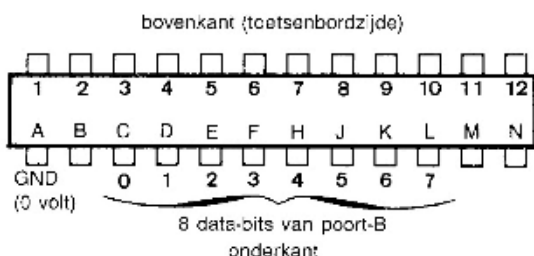
De gebruikerspoort

Hoewel de vier genoemde computers uiterlijk nauwelijks enige verwantschap vertonen, zijn zij intern toch tamelijk identiek.

Het kloppend hart van de machines, de microprocessor die het verkeer tussen de verschillende elektronische blokken regelt, is namelijk in alle gevallen gelijk aan het type 6502. Bovendien bezitten de VIC-20 en de BBC dezelfde VIA, namelijk type 6522, de Versatile Interface Adapter die de communicatie via de gebruikerspoort met de buitenwereld regelt. De Commodore 64 heeft evenwel geen VIA, maar een CIA (Complex Interface Adapter) van het type 6526. Beide adapters hebben echter vele identieke eigenschappen en voor zover men deze schakelingen nodig heeft voor de in dit boek

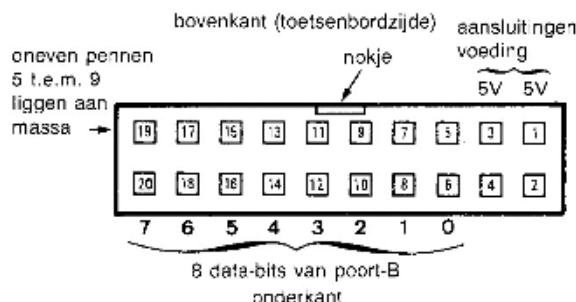
beschreven toepassingen kan men ze zelfs als gelijk beschouwen.

De drie genoemde computers hebben een gebruikerspoort die is verbonden met de B-poort van de VIA of CIA volgens de schema's van de afbeeldingen 0.1 en 0.2. In dit boek maken we alleen gebruik van de acht datalijnen van de B-poort, genummerd van PB0 tot en met PB7. In feite zijn dit de acht datalijnen van de computer zelf, maar met de tussenschakeling van de VIA of CIA, die het dataverkeer tussen de databus van de computer en de op de gebruikerspoort aangesloten apparatuur regelt.



Afb. 0.1. De connector van de gebruikerspoort van de VIC-20 en de Commodore 64, bekeken van de achterzijde van de computer.

Hoe dat precies in zijn werk gaat wordt in een van de volgende paragrafen behandeld. Een volgende zeer belangrijke aansluiting van de gebruikerspoort, die steeds wordt gebruikt, is de massa, ook 0 volt lijn of ground terminal genoemd. De massa van de aangesloten schakelingen moet steeds met deze 0 volt lijn worden doorverbonden. De computer en de externe apparatuur moeten immers eenzelfde referentie hebben!



Afb. 0.2. De connector van de gebruikerspoort van de BBC model B, bekeken van de voorzijde (na het optillen van de kast).

Tot slot wordt er bij de BBC computer gebruik gemaakt van de externe ± 5 volt aansluiting voor het voeden van de aangesloten schakelingen.

De acht datalijnen van poort B van de VIA of CIA kunnen worden gebruikt als uitgangen, waarmee men gegevens uit de computer kan aanbieden aan op de poorten aangesloten schakelingen. Maar het is niet zo goed mogelijk deze aansluitingen als ingangen te gebruiken, waarmee men gegevens van de buitenwereld in de computer kan inlezen. Het is zelfs mogelijk sommige lijnen als uitgang en andere tegelijkertijd als ingang te gebruiken. Nu moet de computer uiteraard op de een of andere manier weten welke lijnen als ingang en welke lijnen als uitgang moeten worden beschouwd. Er bestaat voor dit doel een speciaal register, het zogenoemde Data Direction Register van poort B (afgekort tot DDRB). En zoals de naam reeds doet vermoeden, bepalen de gegevens in dit register welke lijnen als in- en welke als uitgang worden geschakeld.

Voor de volledigheid wordt er nog op gewezen dat de VIA over een tweede identieke poort beschikt, poort A, die door de computer voor bepaalde specifieke klussen wordt ingeschakeld. Bij de VIC20 wordt deze poort gebruikt voor het inlezen van de gegevens van een stuurknuppel (zie project 11), bij de BBC computer wordt deze poort gebruikt voor het aansturen van de printer.

Bij het inschakelen van de computer worden alle datalijnen als ingang geschakeld. Op deze manier voorkomt men dat de computer ongewenste gegevens naar de buitenwereld verstuurt. Het DDRB-register is acht bits breed (er kunnen dus acht "L"- of "H"-signalen in worden opgeslagen) en elke bit bepaalt de toestand van één datalijn. Een "L"-bit komt overeen met de toestand "ingang", en uiteraard zal een "H"-bit de corresponderende datalijn als uitgang schakelen. Door het register met de juiste combinatie van "L"- en "H"-bits te laden kan men dus elke gewenste combinatie van in- en uitgangen definiëren.

In dit boek worden de vier eerste datalijnen (PB0 tot en met PB3) steeds als ingangen gebruikt en de vier overige als uitgangen. Met de tot nu toe verzamelde kennis kunnen wij dus bepalen welke decimale waarde in het DDRB-register moet worden ingelezen.

Daar gaan we!

| | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Controlebit | PB7 | PB6 | PB5 | PB4 | PB3 | PB2 | PB1 | PB0 |
| Bitwaarde | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Definitie | uit | uit | uit | uit | in | in | in | in |

In het DDRB-register moet dus het binaire getal 11110000 worden ingelezen, hetgeen in ons normale tientallige stelsel overeen komt met het getal 240. Lezers die niet zo vertrouwd zijn met het binaire telsysteem waarmee computers werken, kunnen wellicht aan de hand van tabel 0.1 toch enig inzicht krijgen in de manier waarop men binaire in decimale en decimale in binaire getallen kan omzetten.

Tabel 0.1 De binaire, hexadecimale en decimale code van enkele getallen.

| <i>binair</i> | <i>hexadecimaal</i> | <i>decimaal</i> |
|---------------|---------------------|-----------------|
| 0 | 00 | 0 |
| 1 | 01 | 1 |
| 10 | 02 | 2 |
| 11 | 03 | 3 |
| 100 | 04 | 4 |
| 101 | 05 | 5 |
| 110 | 06 | 6 |
| 111 | 07 | 7 |
| 1000 | 08 | 8 |
| 1001 | 09 | 9 |
| 1010 | 0A | 10 |
| 1011 | 0B | 11 |
| 1100 | 0C | 12 |
| 1101 | 0D | 13 |
| 1110 | 0E | 14 |
| 1111 | 0F | 15 |
| 1 0000 | 1D | 16 |
| 1 1001 | 11 | 17 |
| 1 0010 | 12 | 18 |
| 10 0000 | 20 | 32 |
| 11 0000 | 30 | 48 |
| 100 0000 | 40 | 64 |
| 1000 0000 | 80 | 128 |
| 1111 0000 | F0 | 240 |
| 1111 1111 | FF | 255 |

Goed, wij moeten dus het decimale getal 240 in het register inlezen. De manier waarop we dit doen hangt af van de computer die we tot onze beschikking hebben.

Bij de VIC-20 en de C-64 kunnen we het register door een POKE met de gewenste waarde laden. Het enige dat verder bekend moet zijn is het adres van het register. Bij de VIC-20 woont het register op nummer 37138 en de POKE-opdracht wordt:

10 POKE 37138,240

Deze opdracht moet men als eerste regel opnemen in elk programma waarin een van de in dit boek beschreven schakelingen wordt toegepast. De enige uitzonderingen zijn de projecten 3, 7 en 11 want deze worden niet op de gebruikerspoort maar op de controlepoort aangesloten.

Bij de Commodore 64 zit het DDRB-register op adres 56579 en de POKE-opdracht luidt bijgevolg:

10 POKE 56579,240

Bij de BBC computer wordt het iets moeilijker. Het register verblijft bij deze computer in de SHEILA-wijk van het geheugen, namelijk op adres 65122 of in hexadecimale code &FE62. Er bestaan twee manieren om dit adres met de gewenste informatie te vullen. De meest eenvoudige is gebruik te maken van de indirection operator (?) en in het BBC-dialekt luidt de instructie:

10 DDRB = 65122: ?DDR = 240

Deze eenvoudige methode werkt echter niet als men een tweede processor heeft geïnstalleerd. Men moet dan een beroep doen op de OSBYTE-procedure en dat kan zowel in machinetaal als in BASIC. Omdat de meeste mensen zich beter in BASIC kunnen uitdrukken zullen we alleen deze procedure behandelen. Men moet drie gehele variabelen (A%, X% en Y%) inschakelen. De eerste variabele wordt gelijk gesteld aan de hexadecimale code van de OSBYTE-call die een getal inleest in een van de adressen in het SHEILA-gebied, de tweede variabele wordt gelijk gesteld aan de offset-waarde van het DDRB-register in dit gebied en de laatste variabele wordt voorzien van de waarde waarmee het adres moet worden gevuld. Dit laatste getal kan zowel decimaal (240) als hexadecimaal (&F0) worden ingevoerd. Daarna kan men de CALL-instructie intoetsen.

Samengevat:

```
10 A% = &97: X% = &62: Y% = 240:
CALL&FFF4
```

De procedure voor de Electron computer wordt in Appendix B beschreven.

De decoder

Als men slechts één schakeling op de computer aansluit zijn de acht datalijnen van de computer meer dan voldoende om het apparaat te sturen en gegevens te ontvangen. Vaak is het echter nodig twee of meer in dit boek beschreven schakelingen gelijktijdig te gebruiken. Zo kan men bijvoorbeeld de modelbesturing, de pieper en de rondeteller samen toepassen bij een modelspoorbaan. De rondeteller detecteert de positie van een trein, de pieper geeft een akoestisch alarm als er iets niet in orde is en de modelbesturing controleert signalen en wissels.

Bovendien heeft men soms verschillende exemplaren van een en dezelfde schakeling nodig. Als men bijvoorbeeld een volledig automatisch werkende temperatuurregeling in het huis wil maken, moet men meerdere temperatuursensors bouwen, deze op de computer aansluiten en in staat zijn de gegevens van al deze schakelingen uit te lezen.

Een derde voorbeeld: de projecten 12 tot en met 17 behandelen verschillende kleine schakelingen waarmee we bepaalde grootheden als windrichting, -snelheid en temperatuur kunnen detecteren. Wil men een volledig weerstation ophouden, dan moet men deze schakelingen allemaal nabouwen en samen op de computer aansluiten.

Om dit mogelijk te maken is een speciale decoder ontwikkeld, die wordt beschreven in Appendix A. Met deze decoder kan men tot maximaal 18 schakelingen gelijktijdig met de computer verbinden en door middel van een BASIC-programma deze samen of afzonderlijk in werking stellen.

Het werken met deze decoder vereist enige speciale technieken welke we nu voor de verschillende computers zullen bespreken. We zullen ons in deze inleiding beperken tot de algemene principes. Elk project wordt echter afgesloten met een paragraaf waar verder wordt ingegaan op hoe het betreffende apparaat met decoder en computer kan samenleven. Het is dus niet noodzakelijk om deze inleiding verder te lezen: men kan net zo goed onmiddellijk een van de projecten gaan nabouwen en aan de hand van de in dat hoofdstuk behandelde BASIC-programma's het geheel in werking stellen. Toch kan men uit het vervolg van dit algemene verhaal heel wat te weten komen over de algemene principes van interfacing en het is dus zeer zeker aan te bevelen om even door te lezen.

Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een korte samenvatting van de software-aspecten van het wer-

ken met de decoder. De hardware (dus de elektronica) van de decoder wordt uitvoerig behandeld in Appendix A.

De in dit boek behandelde projecten kan men in drie grote groepen indelen: schakelingen die één signaal uit de computer nodig hebben om in actie te treden, schakelingen die één signaal aan de computer leveren en schakelingen die vier signalen (in totaal dus zestien verschillende gegevens) aan de computer aanbieden. De manier waarop beide apparaten samenwerken is afhankelijk van de groep waartoe zij behoren. Vandaar dat nu achtereenvolgens de drie genoemde groepen aan de orde komen.

één geadresseerde uitgang

Deze schakelingen hebben één stuurpuls uit de computer nodig om iets te doen. Een typisch voorbeeld is de pieper van project 5. Deze pieper wekt een geluidssignaal op als de computer een stuurbevel levert. Dit stuurbevel ontstaat op één van de als uitgangen gedefinieerde lijnen van de B-poort. Nu zijn er, zoals ondertussen bekend, slechts vier uitgangen beschikbaar als uitgang. In principe zou men dus niet meer dan vier apparaatjes op de computer kunnen aansluiten. Dank zij de decoder echter, kan men dit aantal uitbreiden tot niet minder dan dertien!

De werking is heel eenvoudig: de vier datalijnen die als uitgang worden gebruikt, zijn in de decoder verbonden met een speciaal IC'tje. Dit IC heeft vier ingangen en zestien uitgangen en voor elke mogelijke combinatie van "L"- en "H"-signalen op de vier ingangen wordt één van de zestien uitgangen geactiveerd. Zet men bijvoorbeeld de binaire code H-L-L-H op de vier uitgangslijnen PB7 tot en met PB4, dan zal de negende uitgang van dit speciale decoder-IC worden geactiveerd. Die code H-L-L-H noemt men het adres van de schakeling die op uitgang negen van het IC is aangesloten. Nu is dat weliswaar de officiële naam, maar ook een beetje verwarrende naam. Tot nu toe hebben wij immers met het woord adres steeds een plaats in het geheugen van de computer aangeduid, waarin bepaalde gegevens worden opgeslagen (met POKE) of waaruit bepaalde gegevens worden opgevraagd (met PEEK). De "adressen" van de externe schakelingen zitten echter allemaal op hetzelfde geheugenadres van de computer. En wel op het adres van de B-poort. Wil men dus een bepaalde uitbreidingsschakeling activeren, dan moet men het com-

puteradres van de B-poort POKE-en met het "adres" van het uitbreidingsapparaat.

Het in de B-poort ingelezen getal verschijnt later in de vorm van een vierbits binaire code op de datalijnen PB7 tot en met PB4 en deze wordt in de decoder omgezet in één stuursignaal op een van de zestien uitgangen van dit IC. Welke uitgang wordt geactiveerd is afhankelijk van de binaire code op de vier lijnen en dus afhankelijk van het decimale getal dat men in het adres van de B-poort heeft gebracht. Als men eenmaal goed onderscheid heeft weten te maken tussen de computer-adressen en de adressen van de uitbreidingsschakelingen werkt dit systeem erg vlot. Het komt er op aan één adres van de computer (dat van poort-B) steeds met het adres van de uitbreidingsschakeling te POKE-en. Het decoder-IC heeft zestien uitgangen, toch hebben wij gezegd dat er slechts dertien apparaten op

Tabel 0.2 De adressen, de POKE-code en de functie van de zestien geadresseerde uitgangen.

| <i>adres</i> | <i>decimale POKE-waarde naar poort-B</i> | <i>functie</i> |
|--------------|--|--|
| 0 | 0 | uitschakelen van alle projecten |
| 1 | 16 | beschikbare uitgangen voor projecten |
| 2 | 32 | |
| 3 | 48 | |
| 4 | 64 | |
| 5 | 80 | |
| 6 | 96 | |
| 7 | 112 | |
| 8 | 128 | |
| 9 | 144 | |
| 10 | 160 | |
| 11 | 176 | |
| 12 | 192 | activeren beeldaftaster |
| 13 | 208 | activeren windrichtingmeter |
| 14 | 224 | activeren van op groep 1 aangesloten projecten |
| 15 | 240 | activeren van op groep 2 aangesloten projecten |

de decoder aangesloten kunnen worden. Dit komt omdat drie uitgangen worden gebruikt voor speciale functies, namelijk een voor het uitschakelen van alle apparaten en twee voor het uitschakelen van de uitbreidingsschakelingen die data naar de computer verzenden. We komen hierop later terug.

Tabel 0.2 geeft een overzicht van de zestien beschikbare adressen 0 tot en met 15, de decimale waarde die voor clk adres in het computer-adres waarop de B-poort zich bevindt moet worden ingelezen en het resultaat van deze actie. Uit de tabel blijkt dat de te POKE-en waarde gelijk is aan het adres, vermenigvuldigd met 16. Dit is natuurlijk niet zo verbazingwekkend, want de adressen moeten de vier hoogste bits PB7 tot en met PB4 "L" of "H" maken en de vier laagste bits ongemoeid laten.

Een voorbeeld: als men bijvoorbeeld de pieper op uitgang 3 zou willen aansluiten, dan wordt deze schakeling geactiveerd door de decimale waarde 48 (binair 00110000) in het adres van poort B te POKE-en.

Het POKE-en van dezer poort gaat op dezelfde manier als het invullen van het DDRB-register. Het enige verschil is dat het adres anders is. De B-poort zit voor de verschillende computers op de volgende adressen:

- bij de VIC-20: 37136
- bij de Commodore 64: 56577
- bij de BBC: 65120

VIC-gebruikers kunnen dus de op uitgang 3 aangesloten pieper activeren door de instructie:

20 POKE 37136,48

Heeft men verschillende schakelingen op de decoder aangesloten dan kunnen deze onafhankelijk van elkaar ingeschakeld worden door het adres van poort B te POKE-en met de corresponderende decimale waarde van de uitgang waarop de schakeling is aangesloten. Men moet echter bedenken dat deze instructies geen effect hebben als men niet eerst de vier hoogste bits van poort B als uitgang heeft gedefiniëerd, zoals eerder beschreven.

Bij de BBC moet men gebruik maken van de structuur:

20 PORTB = 65120: ?PORTB = 48

Men kan natuurlijk ook de OSBYTE-procedure toepassen:

20 A% = &97: X% = &60: Y% = 48: CALL
&FFF4

De gehele variabele X% bevat de offsetwaarde van poort B, Y% wordt gelijkgesteld aan het decoderadres van de te activeren schakeling.

In rust is de spanning op de zestien uitgangen van de decoder "H", dus gelijk aan +5 volt. Een op de beschreven manier geactiveerde uitgang wordt "L" (0 volt). Het is deze spanningssprong die in de elektronica van de uitbreidingsschakelingen wordt gebruikt voor het in werking stellen van de schakeling. Nu blijft een geadresseerde uitgang echter laag tot er een tegeninstructie volgt. Voor de meeste schakelingen is dat niet erg, maar sommige uitbreidingen kunnen dat niet hebben! Zo zal de pieper bijvoorbeeld telkens opnieuw een toontje gaan uitzenden en als dat niet de bedoeling is moet men het kanaal waarop deze schakeling is aangesloten onmiddellijk weer de-activeren. Dit kan op twee manieren: door het adresseren van een andere uitgang (waardoor een andere schakeling wordt geactiveerd) of door het adresseren van uitgang 0 die, zoals duidelijk blijkt uit tabel 0.2, speciaal voor dit doel is vrijgemaakt. Het POKE-en van decimaal 0 in het adres van de B-poort zal adres 0 van de decoder "L" maken en als logisch gevolg worden alle overige uitgangen "H", wat zoals gezegd overeen komt met de gedeactiveerde toestand.

Wil men dus slechts één kort toontje uit de pieper laten opstijgen, dan moet men het adres van de B-poort twee maal achter elkaar POKE-en: eerst met de decimale waarde van de uitgang waarop de schakeling is aangesloten en vervolgens met 0. Voor de VIC-20 wordt dit:

30 POKE 37136,48: POKE 37136,0

één data ingang

De meeste projecten die gegevens naar de computer zenden gebruiken daarvoor slechts één bit. De uitgang van de schakeling is of "L" of "H", afhankelijk van de waarde van de fysische grootte die door de schakeling in een elektrische spanning wordt omgezet.

De vier laagste bits van de B-poort zijn gedefinieerd als ingangen en het is dus in principe mogelijk vier apparaatjes op de datalijnen aan te sluiten, die elk een van de lijnen PB0 tot en met PB3 van informatie voorzien.

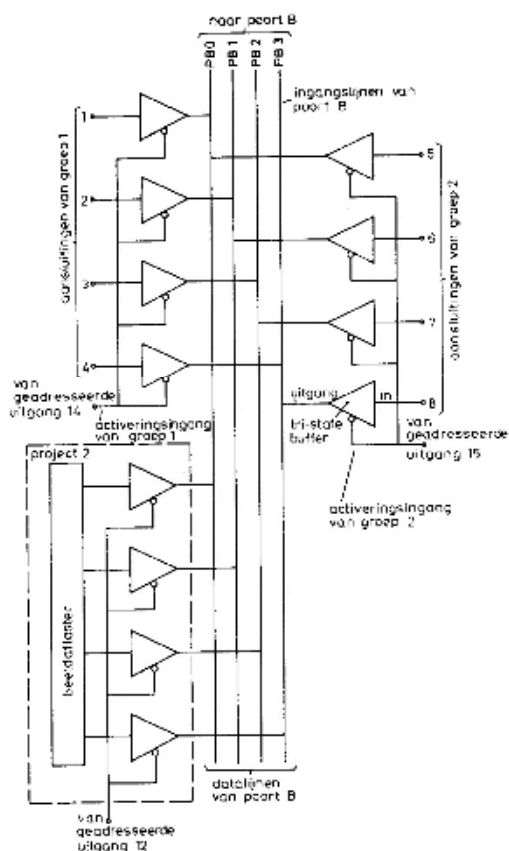
De decoder is voorzien van deze mogelijkheid, maar de schakeling laat bovendien toe andere apparatuur op dezelfde vier datalijnen aan te sluiten en gegevens naar de computer te versturen. Nu is het duidelijk dat men niet zomaar zonder meer twee apparaten op dezelfde datalijnen kan aansluiten. Niet alleen zouden de apparaten elkaar wederzijds beïnvloeden, maar bovendien zou de computer niet weten van welk apparaat de ontvangen informatie afkomstig is.

De decoder is daarom uitgerust met speciale schakelingen die toelaten drie groepen apparaten gezamenlijk op de vier laagste datalijnen te schakelen en doormiddel van drie hulpsignalen één van de groepen in te schakelen en de twee overige uit te schakelen. Het betreffende deel van het schema van de decoder is getekend in afbeelding 0.3. Elke groep is op de datalijnen aangesloten met tussen-schakeling van een zogenoemde "tri state buffer". Zo'n buffer is niets meer dan een elektronische schakelaar. Is de spanning op de sturingang (enable genoemd) "H", dan is de schakelaar open en de op de buffer aangesloten apparaten worden losgekoppeld van de databus. Een "L" op de enable-ingang sluit de schakelaar en de groep wordt met de datalijnen verbonden en kan dus gegevens naar de computer sturen.

De schakeling is zo opgebouwd dat het niet mogelijk is meer dan één groep tegelijkertijd op de databus aan te sluiten. De werking is als volgt. De enable-ingangen van elke groep buffers zijn met elkaar verbonden en bovendien met één van de, speciaal daarvoor gereserveerde uitgangen van de decoder. Groep 1 wordt gestuurd uit de geadresseerde uitgang 14, groep 2 uit uitgang 15 en groep 3 (dit is in feite geen groep, maar slechts één apparaat dat alle vier de datalijnen nodig heeft, namelijk de beeldaftaster) uit uitgang 12. Kijk maar even terug naar tabel 0.2. Nu weten wij ondertussen dat het niet mogelijk is meer dan één uitgang op het zelfde moment "L" te maken en daardoor is het logisch dat er ook maar één groep gegevensleveranciers op de bus kan zitten.

Als wij gegevens van een apparaat in de computer willen inlezen, moeten wij twee gegevens weten. Op de eerste plaats tot welke groep het apparaat behoort en op de tweede plaats met welke lijn van de databus het apparaat verbonden is. Vervolgens moeten wij eerst de groep activeren, door één van de geadresseerde uitgangen 12, 14 of 15 "L" te

maken en de gegevens van de datalijn waarop het apparaat is aangesloten uitlezen. De eerste actie is vrij eenvoudig, het uitlezen van de gegevens kost wat meer moeite.



Afb. 0.3. Een deel van het schema van de decoder, waaruit blijkt hoe de gegevensverstrekken de apparaat (zowel één- als vier bits) met de adres-bus van de computer wordt verbonden via tri state buffers.

Stel dat wij een apparaat hebben ondergebracht in groep 1 en dat de uitgang van dit apparaat is aangesloten op datalijn PB2. Het activeren van groep 1 gebeurt met de volgende instructie (VIC20):

40 POKE 37136,224

Groep 1 wordt immers geactiveerd door het "L" maken het externe adres 14 en volgens tabel 0.2 hoort bij dit adres de decimale waarde 224. Nu

kunnen wij de binaire gegevens op de databus uitlezen door het PEEK-en van het adres van poort B:

50 R = PEEK (37136)

De waarde van de variabele R bevat nu de decimale waarde van de binaire code op de acht datalijnen. Wij zijn echter niet geïnteresseerd in deze totale waarde, maar slechts in de binaire toestand van datalijn PB2. Deze leest immers de uitgang van het aangesloten apparaat in de computer in. Op de een of andere manier moeten wij dit ene bit afzonderen uit de totale byte van acht bits.

Dit gebeurt met een techniek die onder de naam "masking" door het leven gaat en deze techniek maakt gebruik van de logische AND-operator. De AND-functie vergelijkt in dit geval twee decimale getallen die automatisch in binaire vorm worden omgezet, bit na bit. Een voorbeeldje:

PRINT 246 AND 4

geeft als antwoord 4. Hoe dit komt? Als wij de twee decimale getallen 246 en 4 in hun binaire code omzetten ontstaat het volgende resultaat:

| decimaal | binair |
|-----------|-----------------|
| 246 | 1 1 1 1 0 1 1 0 |
| 4 | 0 0 0 0 0 1 0 0 |
| 246 AND 4 | 0 0 0 0 0 1 0 0 |

De computer vergelijkt bij de logische AND-operator beide door AND verbonden getallen in hun binaire vorm bit voor bit. Als de gelijke bits beide 1 zijn, dan zal het resulterende bit ook 1 zijn. Als een van beide bits 0 is, dan is het bit in het resultaat ook 0. Het resultaat van de bewerking wordt natuurlijk weer in decimale vorm weergegeven en vandaar dat de computer in het hiervoor gegeven voorbeeld met 4 antwoordt. Binair 00000100 is immers decimaal gelijk aan 4.

Zou nu echter het vierde bit van het eerste getal 0 zijn, bijvoorbeeld zoals in het decimale getal 242, dan ontstaat de volgende situatie:

| decimaal | binair |
|-----------|-----------------|
| 242 | 1 1 1 1 0 0 1 0 |
| 4 | 0 0 0 0 0 1 0 0 |
| 242 AND 4 | 0 0 0 0 0 0 0 0 |

In dit voorbeeld is geen enkel bit in beide getallen 1, het resultaat van de logische AND is dus binair 00000000 of decimaal 0.

De computer antwoord op de instructie:

PRINT 242 AND 4

met 0.

Nu terug naar onze decoder. Het ene getal in de logische AND-operator is 4, het andere de inhoud van adres 37136 of PEEK (37136). Het uitlezen van dit adres en het logische vergelijken met getal 4 kan in één opdracht worden ondergebracht:

50 R = PEEK(37136)AND4

Als datalijn PB2 gelijk is aan "H", dan zal aan de variabele R de waarde 4 worden toegekend, als de lijn gelijk is aan "L" dan is het resultaat gelijk aan 0.

Met deze maskeertechniek kan men elk afzonderlijk bit uit de adresbus uitlezen, zonder dat de waarde van een van de overige bits het resultaat beïnvloedt.

In tabel 0.3 wordt een overzicht gegeven van de decimale waarde die in de AND-operator moet worden opgenomen om de toestand van een van de vier ingangslijnen uit te kunnen lezen. Steeds is het resultaat van de logische AND een nul als de betreffende datalijn een "L"-signaal heeft. Als de lijn "H" is, dan wordt aan de variabele R dezelfde decimale waarde toegekend als waarmee de AND wordt opgebouwd.

Tabel 0.3 De in de AND-operator te verwerken getallen voor het afzonderen van de bits van de lijnen PB0 tot en met PB3.

| <i>datlijn</i> | <i>AND-waarde</i> |
|----------------|-------------------|
| PB0 | 1 |
| PB1 | 2 |
| PB2 | 4 |
| PB3 | 8 |

De beschreven technieken kunnen zonder meer door de Commodore gebruikers worden overgenomen, met dit verschil dat het PEEK adres gelijk is aan 56577.

De BBC gedraagt zich uiteraard weer eigenzinnig

en bij deze computer moeten wij gebruik maken van de indirecte operator, samen met de AND-operator:

50 PORTB = 65120: R = ?PORTB AND 4

De AND moet tussen twee spaties worden opgenomen. Bij gebruik van een tweede processor moeten we de OSBYTE-procedure CALL &96 gebruiken voor het uitlezen van de status van de B-poort. Maar omdat het de bedoeling is dat deze routine een waarde als antwoord geeft, moeten wij gebruik maken van de USR-functie in plaats van een CALL:

50 A% = &96: X% = &60: R = (USR(&FFF4) AND&40000)/&10000

Bij alle computers wordt de geselecteerde uitgang "L", zodat een van de drie beschikbare groepen op de databus wordt aangesloten. Hierna kan men elk afzonderlijk apparaat uit deze groep zo vaak uitlezen als men wil, hun uitgangen worden immers door de eerste instructie op de databus geschakeld. Maar als men een ander apparaat uit een andere groep wil uitlezen moet men eerst een andere waarde in het adres van de B-poort inlezen. De eerst geselecteerde groep wordt dan natuurlijk losgekoppeld van de databus en het is niet meer mogelijk een van de schakelingen uit deze eerste groep uit te lezen. Als dat weer nodig is, dan moet men deze eerste groep weer activeren door de oorspronkelijke waarden in het adres van de B-poort in te lezen.

vier data ingangen

Twee in dit boek beschreven projecten, de windrichtingsmeter en de beeldaftaster, hebben niet voldoende aan één bit als communicatiemiddel met de computer. Beide projecten maken gebruik van vier eigen buffers, die de vier data uitgangen met de laagste lijnen van de databus verbinden. Dit heeft tot gevolg dat deze projecten eigen geadresseerde uitgangen hebben, waarmee men ze kan activeren. Uit tabel 0.2 volgt dat deze adressen respectievelijk 13 en 12 zijn. In het schema van afbeelding 0.3 is de schakeling getekend, waarmee de gegevens van de beeldaftaster met de computer worden verbonden.

Het zal duidelijk zijn dat de procedure voor het uitlezen van de gegevens van deze schakelingen gelijk is aan die voor de projecten die slechts één bit

leveren. Het enige verschil is een andere POKE-waarde en een andere decimale waarde in de AND-vergelijking. De juiste waarden worden bij de betreffende projecten gegeven.

Overzicht programmeertechnieken

Opmerking: de details voor het inlezen van vier-voudige data ingangen worden bij de bespreking van de projecten gegeven.

VIC-20

- Initialiseren van het DDRB-register als eerste regel van het programma:

10 POKE 37138,240

- Triggeren van de uitbreidingsschakelingen door het POKE-en van de juiste code in het adres van de B-poort (de juiste waarde volgt uit tabel 0.2):

20 POKE 37136,48

- Uitschakelen van alle apparaten door:

30 POKE 37136,0

- Uitlezen van gegevensverstreckende schakelingen door:

40 POKE 37136,224:R = PEEK(37136)
AND4

De waarde 224 refereert aan een apparaat van groep 1, voor groep 2 moet men 240 POKE-en. Het cijfer 4 na de AND verwijst naar datalijn PB2. Uit tabel 0.3 kan men de waarde aflezen voor de overige drie datalijnen.

COMMODORE 64

- Initialiseren van het DDRB-register als eerste regel van het programma:

10 POKE 56579,240

- Triggeren van de uitbreidingsschakelingen door het POKE-en van de juiste code in het adres van de B-poort (de juiste waarde volgt uit tabel 0.2):

20 POKE 56577,48

- Uitschakelen van alle apparaten door:

30 POKE 56577,0

- Uitlezen van gegevensverstreckende schakelingen door:

40 POKE 56577,224: R = PEEK(56577)
AND4

De waarde 224 verwijst naar een apparaat van groep 1, voor groep 2 moet men 240 POKE-en. Het cijfer 4 na de AND refereert aan datalijn PB2.

Uit tabel 0.3 kan men de waarde aflezen voor de overige drie datalijnen.

BBC Microcomputer met rechtstreekse adressering

- Initialiseren van het DDRB-register als eerste regel van het programma:

10 DDRB = 65122: ?DDRB = 240

- Triggeren van de uitbreidingsschakelingen. De waarde 48 verwijst naar adres 3, de overige waarden volgen uit tabel 0.2.

20 PORTB = 65120: ?PORTB = 48

- Uitschakelen van alle apparaten door:

30 ?PORTB = 0

- Uitlezen van gegevensverstreckende schakelingen door:

40 PORTB = 65120: ?PORTB = 224
50 R = ?PORTB AND 4

Het getal 224 refereert aan een apparaat van groep 1, voor groep 2 moet men getal 240 invoeren. Het cijfer 4 na de AND-operator verwijst naar het apparaat dat op datalijn PB2 is aangesloten, de juiste codes volgen uit tabel 0.3.

BBC Microcomputer met OSBYTE routine

- Initialiseren van het DDRB-register als eerste regel van het programma:

10 A% = &97: X% = &62: Y% = 240: CALL &FFF4

- Triggeren van de uitbreidingsschakelingen. De waarde 48 verwijst naar adres 3, de overige waarden volgen uit tabel 0.2.

```
20 A% = &97: X% = &60: Y% = 48: CALL &FFF4
```

- Uitschakelen van alle apparaten door:

```
30 Y% = 0: CALL &FFF4
```

- Uitlezen van gegevensverstrekende schakelingen door:

```
40 A% = &97: X% = &60: Y% = 224: CALL &FFF4
```

```
50 A% = &96: R = (USR(&FFF4) AND &40000)/&10000
```

Het getal 224 refereert aan groep 1, voor groep 2 wordt dit getal vervangen door 240. Het cijfer 4 na de AND-operator heeft betrekking op datalijn PB2, voor de overige drie lijnen volgt de juiste code uit tabel 0.3.

-Procedures

Daar het waarschijnlijk vaak in een programma voorkomt dat men een bepaald apparaat inschakelt of uitleest, kan men bij deze computer de twee instructiesets onderbrengen in benoemde procedures. Het volstaat dan telkens de bedoelde procedure aan te roepen, hierdoor kunnen we zowel programmeertijd als geheugenruimte uitsparen.

De procedure voor het inschakelen van één apparaat zou er als volgt uit kunnen zien:

```
5000 DEF PROCtrigger(apparaat)
5010 A% = &97: X% = &60: Y% = apparaat * 16
5020 CALL &FFF4
5030 Y% = 0
5040 CALL &FFF4
5050 ENDPROC
```

Deze procedure zet een korte negatieve puls op de geselecteerde uitgang. Eerst wordt de hele grootte Y% immers gelijk gemaakt aan het zestien-

voudige van het apparaatnummer (regel 5010) en de CALL uitgevoerd, daarna wordt deze variabele gelijk gemaakt aan 0 en dezelfde CALL uitgevoerd. De tweede CALL maakt de geselecteerde uitgang weer "H". Men kan deze procedure op elke willekeurige plaats in het programma aanroepen met de geadresseerde uitgang (het "apparaatnummer") als parameter van de procedure. Een voorbeeld: wil men een op uitgang drie aangesloten apparaat activeren, dan wordt de procedure-oproep:

100 PROCtrigger(3)

Op dezelfde manier kan men een kleine procedure samenstellen voor het uitlezen van de uitgang van een gegevensverstrekend apparaat:

```
6000 DEF PROClees(groep,lijn)
6010 A% = &97: X% = &60: Y% = 208 + groep*16
6020 CALL &FFF4
6030 A% = &96
6040 R = (USR(%FFF4) AND (2 lijn * &10000))/&10000
6050 A% = &97: Y% = 0
6060 CALL &FFF4
6070 ENDPROC
```

Deze procedure zet het resultaat van de bit-AND in de variabele R. Men moet deze procedure aanroepen met het groepnummer van het apparaat en de datalijn waarop het is aangesloten. Een voorbeeldje: een apparaat van groep 2 stuurt zijn gegevens via de datalijn PB3 naar de computer. Men kan deze gegevens uitlezen door het aanroepen van de bovenstaande procedure in de vorm:

300 PROClees(2,3)

Dank zij de krachtige procedurestructuur van BBC-BASIC, kan men rustig stellen dat het in- en uitlezen van apparatuur bij deze computer het meest eenvoudig is.

ACORN ELECTRON

Voor deze computer verwijzen we naar Appendix B, achter in dit boek.

Pulsdetector

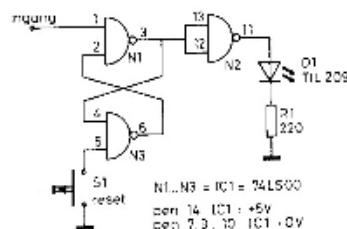
Met deze zeer eenvoudige schakeling kan men de overige in dit boek beschreven schakelingen testen. Het grote probleem bij het foutzoeken in computerschakelingen is veelal de snelheid van de signalen. De computer produceert een heleboel elektrische pulsen, die meestal niet breder zijn dan enige miljoenste van een seconde. Dergelijke pulsen kunnen niet met een gewone voltmeter worden gemeten. Zelfs het meest universele meetinstrument van de elektronicus, de oscilloscoop, laat het afweten. Het tweede probleem is namelijk dat de pulsen meestal zeer onregelmatig verschijnen en het daardoor niet mogelijk is een rustig, stilstaand beeld op het scherm van de scope te schrijven. Met zogenoemde logische analysatoren kan men wel in microcomputerschakelingen meten, maar deze apparaten zijn zo duur dat zij buiten het bereik van een amateur vallen.

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling is in staat het "L" worden van één van de lijnen in de computer, al is het maar voor een fractie van een seconde, te detecteren. Met "L" worden bedoeld men dat de spanning op de lijn normaliter "H", dus + 5 volt is maar gedurende een korte tijd terug valt naar het massapotentiaal. Nu moet men de spanningswaarden +5 en 0 volt niet te letterlijk interpreteren. Afhankelijk van het soort schakelingen die men in de computer toepast, kan een "H" overeen komen met een spanning tussen +5 en +2 volt terwijl een "L" in de praktijk 0 à +0,8 volt kan bedragen. De beschreven schakeling is in staat alle voorkomende spanningssprongen te detecteren, met als enige restrictie dat de negatieve sprong minstens 20 ns (20 miljardste van een seconde) aanwezig moet zijn. De goedkope hobbycomputers wekken echter geen pulsen op die korter duren, omdat hun klok-frequentie (de basissnelheid waarmee de computer werkt) toch tamelijk laag is.

Schemabeschrijving

Het detectie-element van de schakeling (zie afbeelding 1.1) is samengesteld uit twee als flipflop geschakelde NAND-poorten. De uitgang van deze schakeling (pen 3 van het IC) voert ofwel een "L"- ofwel een "H"-signaal.

Als de schakeling is gereset (dat wil zeggen dat de schakeling klaar is voor het detecteren van een puls) dan zal de uitgang van de flipflop "L" zijn. De twee ingangen, INGANG en RESET, zijn "H". De INGANG is "H" omdat dit punt is verbonden met de computerlijn, waarop men een negatieve sprong verwacht. Zoals uit het schema blijkt is de RESET nergens mee verbonden. De resetdruktoets wordt immers niet bediend, het contact staat open. Toch zal de RESET "H" zijn, omdat het een eigenschap is van de gebruikte schakelingen dat een open ingang (dus een ingang die nergens mee verbonden is) als "H" wordt geïnterpreteerd.



Afb. 1.1. Het schema van de pulsdetector.

De "L"-uitgang van de flipflop gaat naar de identieke poort. De twee ingangen van deze poort zijn met elkaar verbonden en het is een bekende eigenschap dat een op deze manier geschakelde poort het ingangssignaal invertteert. Dat wil zeggen dat een "L" op de ingang een "H" op de uitgang tot gevolg heeft en omgekeerd. Het "H"-signaal op de uitgang van pen 11 is, via een stroombegrenzende weerstand R1, rechtstreeks verbonden met een lichtgevende diode (LED genoemd) D1. Er vloeit stroom door dit onderdeel en de diode licht op. Men kan zich de vraag stellen waarop deze invertende "buffer" tussen de flipflop en de LED is geschakeld. In principe zou men de LED inderdaad rechtstreeks met de uitgang van de flipflop kunnen verbinden, maar deze grote belasting zou tot gevolg hebben dat de schakeling trager werkt en dat zeer smalle negatieve pulsen aan de aandacht zouden ontsnappen.

Wat gebeurt er als een smalle negatieve puls op de INGANG verschijnt? De flipflop "klapt om", zoals men dat noemt, hetgeen wil zeggen dat de spanning op de uitgang de andere waarde aanneemt. Nu was dit punt "L", dus bij het verschijnen van een negatieve puls op de ingang wordt dit punt "H". Dit hoge signaal wordt weer geïnverteerd door de derde poort, en er verschijnt een "L"-signaal op pin 11 van het IC. Er kan nu geen stroom door de LED vloeien waardoor deze dooft.

Bouw van de schakeling

Dit zeer eenvoudige schakelingetje kan worden gebouwd op een klein stukje gaatjesepoxy (afstand tussen de gaatjes 2,55 mm). Men kan de hele schakeling inbouwen in een TEKO kunststof meetprobe (typenummer LP1). De drukknop en de LED worden in het kleine, demontabele frontje gemonteerd. Een aan/uit schakelaar is overbodig. De pulsdetector wordt met behulp van drie meet-snoertjes met de te testen schakeling verbonden. Men soldeert bijvoorbeeld drie ongeveer 20 cm lange soepele draadjes, van verschillende kleur, aan de INGANG, de massa en de voedingsaansluiting van het IC. Aan de andere kant bevestigt men kleine krokodilklampjes.

Het werken met de pulsdetector

Verbind de zwarte draad met de massa van de computer of de schakeling die wordt getest en de rode draad met de +5 volt voeding. Zet de gele clip op het te testen punt. Schakel dan pas de computer of de schakeling in!

De LED van de pulsdetector kan zowel gaan branden als gedoofd blijven, dit is afhankelijk van de toestand waarin de flipflop zich bevindt. Is de LED gedoofd, druk dan even op resetknop. De LED moet nu gaan branden. Gaat de LED niet branden dan betekent dit dat de lijn waarop men meet "L" is, of dat er op de lijn een grote hoeveelheid brede pulsen voorkomt, die de schakeling telkens na het indrukken van de resetknop onmiddellijk activeren.

De schakeling is helaas niet in staat dit soort verschijnselen te detecteren.

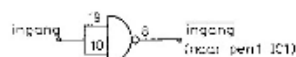
Maar als de LED gaat branden na het indrukken van de reset, betekent dit dat de lijn waarop wordt gemeten inderdaad op een stabiel "H"-signaal staat en men verder kan gaan met de test. Voer nu het programma in of verricht de handelingen die

noodzakelijk zijn voor het op de lijn zetten van een korte negatieve puls. Als de puls op de lijn verschijnt zal de LED doven.

Het detecteren van "H"-pulsen

De meeste in dit boek beschreven schakelingen reageren op negatieve pulsen en vandaar dan ook dat de pulsdetector is ontworpen voor het detecteren van dergelijke pulsen. Nu kan het natuurlijk toch wel voorkomen dat men behoefte heeft aan een schakeling waarmee men positieve pulsen kan ontdekken. De schakeling van de detector kan in dat geval zeer eenvoudig worden omgebouwd. In het IC is namelijk nog één poort over en deze poort kan men, zoals getekend in afbeelding 1.2, als inverter voor de eigenlijke ingang van de detector schakelen. De uitgang van de inverter gaat dus naar de INGANG van de schakeling van afbeelding 1.1. De nieuwe ingang moet worden verbonden met een punt van de schakeling dat onder normale omstandigheden "L" is en waarop een te detecteren positieve puls ontstaat. De inverter zet deze positieve puls op de nieuwe INGANG om in een negatieve puls op de oude INGANG en in principe blijft de werking van de schakeling zoals beschreven.

Men kan desgewenst de schakeling zo uitvoeren dat het met behulp van een tweepolige omschakelaar mogelijk is zowel positieve als negatieve pulsen op te sporen.



Afb. 1.2. Voorschakeltrap voor het omvormen van de schakeling naar een "H"-puls detector.

Onderdelenlijst project 1

Weerstand:

R 1 220 ohm, 1/4 watt

Halfgeleider:

D 1 TIL 209, rode LED

Geïntegreerde schakeling:

IC 1 74LS00, viervoudige NAND-poort met twee ingangen

Schakelaar:

S 1 enkelvoudige drukknop

Diversen:

1 x 14-pens IC-voetje

3 x miniatuur krokodilklampje

5 x soldeerlipje

1 x klein plastic kastje

Beeldaftaster

Met deze schakeling is het mogelijk tekeningen of zelfs foto's lijn voor lijn af te tasten en het beeld over te zetten op het scherm van de op de computer aangesloten monitor of televisie. Nu klinkt dit zeer spectaculair, maar de waarheid gebied te zeggen dat deze "scanner" (zo noemt men dit soort apparaten) een zeer lage resolutie heeft en dat het dus alleen maar mogelijk is beelden om te zetten die zijn opgebouwd uit vrij grote contrastrijke beelddelen. Details van de tekening gaan volledig verloren, maar ondanks deze beperkingen is het zeer fascinerend het beeld deel na deel op het scherm te zien ontstaan. Deze scanner werkt met handbediening, men moet dus zelf de tekening aftasten en men heeft bijgevolg ook zelf de nauwkeurigheid in de hand.

Dit apparaatje demonstreert overtuigend hoe professionele en zeer dure scanners (of beeld-digitisers) werken: het principe is hetzelfde, maar de professionele apparatuur werkt uiteraard met een onvergelykbare hoge resolutie en kan tegenwoordig niet alleen allerlei grijswaarden in het beeld detecteren maar ook kleurenplaatjes omzetten in een digitale code.

Kortom, niet meer dan speelgoed, maar wel een apparaatje waarmee men veel plezier kan beleven!

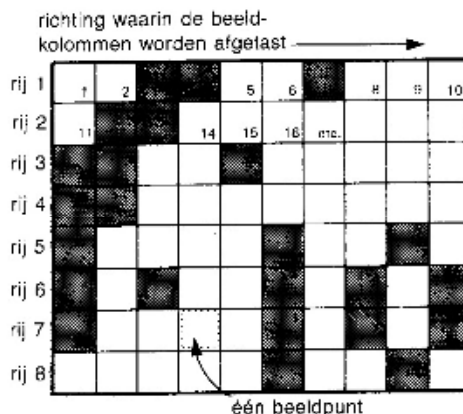
Principe van de scanner

Het beeld wordt onderverdeeld in een aantal zones, elk gedefinieerd door een kolom- en een rijnummer. Bij de professionele apparaten zijn deze zones niet groter dan een speldepunt, zo'n minuscule oppervlak noemt men een "pixel" of "beeldpunt". Net zoals bij een televisiecamera wordt het beeld punt voor punt en rij voor rij afgetast door een fotogevoelig element. Dit element meet de helderheid van het beeld, vertaalt deze fysische grootheid in een digitale code en stuurt deze code naar het geheugen van de computer. Nu kan de helderheid van een beeldpunt in principe een oneindig aantal waarden aannemen tussen het witste wit en het zwartste zwart. Zelfs bij de duurste apparatuur kan men niet al deze verschillende waarden herkennen. Het hele genoemde helderheidsgebied wordt verdeeld in een aantal stappen en de fotogevoelige

cel bepaalt in welke helderheidsstap de helderheid van de onderzochte beeldpunt past.

Kleuren worden bij eenvoudige zwart-wit scanners ook omgezet naar grijswaarden, waarbij de trap waarin de kleur valt zowel door het soort kleur als door de mate van kleurverzadiging wordt bepaald.

Maar genoeg gedroomd over mooie apparatuur, nu terug naar onze eenvoudige zelfbouwscanner. De beeldpunten bestaan hier uit vierkantvlakjes van 5 bij 5 mm. Dit is natuurlijk zeer groot vergeleken met de beeldpunten bij professionele apparatuur, maar het kleinste dat men door zelfbouw van de scannerkop kan bereiken. Het beeld dat op de monitor ontstaat ziet er, als gevolg van de zeer lage resolutie, erg geblokt uit. Afbeelding 2.1 geeft als voorbeeld een deel van een gescande wijzerplaat van een klok. Met enige verbeelding kan men er het getal 10, drie minutenstreepjes en een deel van de cirkelvormige omtrek van de wijzerplaat in herkennen. De helderheid van het beeld wordt vergeleken met vier grijswaarden: wit, lichtgrijs, donkergrijs



Afb. 2.1. Deel van het wijzerbord van een klok, zoals dit met de beeldgenerator op het scherm zou kunnen verschijnen. Bij dit voorbeeld zijn de beeldblokjes alleen zwart of wit, maar er kunnen ook twee tinten grijs worden gereproduceerd. De getallen geven de volgorde weer waarin de beeldpunten van de figuur worden afgetast en op het scherm gereproduceerd.

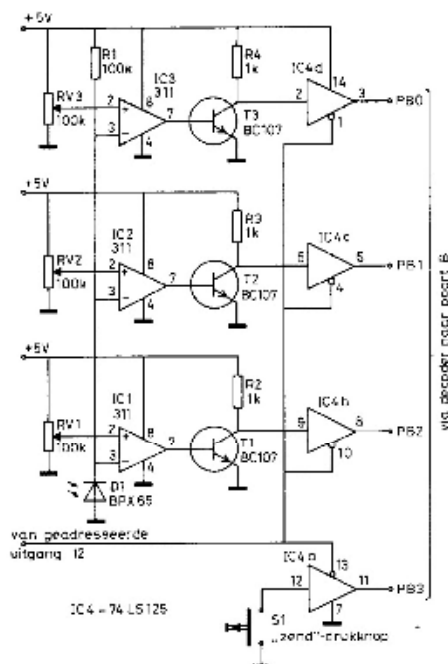
en zwart. Bij het scannen van een vierkantje meet de foto-gevoelige cel in de scannerkop de helderheid, vergelijkt deze met de vier referentiewaarden en vertelt de computer met welke referentie de helderheid van het vierkantje het meest overeen komt. De computer zet de ontvangen informatie over helderheid, kolomnummer en rijnummer onmiddellijk om in een beeldvierkantje op het scherm. Men ziet dus het beeld ontstaan terwijl men het voorbeeld met de hand aftast. De afmetingen van het vierkantje hangen natuurlijk af van de afmetingen van het scherm. De manier waarop de grijstinten worden verkregen hangt af van het soort computer dat bij het experiment wordt ingeschakeld. Eigenaars van een Commodore 64 verkeren in de gelukkige omstandigheid dat hun machine drie verschillende grijstinten uit zichzelf op scherm kan zetten. Van deze drie kunnen er twee willekeurig worden gebruikt voor het voorstellen van de twee grijstinten die de scanner kan detecteren. Wit is natuurlijk wit op het scherm en het zal geen verwondering wekken dat zwarte beelddelen ook zwart op het scherm verschijnen.

De VIC-20 kan slechts één grijstint reproduceren (rechtse karakter op de "++"-toets) en de BBC bekijkt het leven alleen in wit en zwart. Nu is dat geen probleem, want men kan de twee grijstinten voor de BBC en de ene ontbrekende voor de VIC-20 nabootsen door gebruik te maken van in meerdere of mindere mate gerasterde zelf ontworpen grafische tekens. Maar op dit aspect komen wij later terug.

Schemabeschrijving

Het hart van de schakeling, getekend in afbeelding 2.2, is de fotodiode D1. Deze diode is samen met een miniatuur gloeilampje ondergebracht in de scannerkop (zie afbeelding 2.3). Het licht van het lampje wordt in min of meerdere mate teruggekaatst door de foto of tekening, dit teruggekaatste licht valt op het foto-gevoelige oppervlak van de diode. Deze diode is in sperrichting aangesloten op de voedingsspanning, in serie met de weerstand R1. De grootte van de stroom die door de diode vloeit wordt bepaald door de hoeveelheid licht die op de diode valt. Vervolgens wordt de spanning over weerstand R1 bepaald door de grootte van de stroom. We kunnen dus stellen dat de spanning op punt A lager wordt naarmate de hoeveelheid licht die de diode detecteert toeneemt. De spanning op punt A is immers het verschil tussen de constante

voedingsspanning van +5 volt en de spanningsval over weerstand R1.



Afb. 2.2. Het volledige schema van de beeldaftaster.

De spanning op punt A wordt aangeboden aan de inverterende ingangen van drie comparatoren IC1, IC2 en IC3. Deze schakelingen hebben twee ingangen, een inverterende (-) en een niet-inverterende (+). De IC's vergelijken de spanning op de negatieve ingang met de spanning op de positieve ingang. De nietinverterende ingangen gaan naar de lopers van drie potentiometers RV1, RV2 en RV3, die zijn geschakeld tussen de +5 volt voedingsspanning en de massa. Door het verdraaien van de lopers van deze onderdelen kan men dus de spanning op de positieve ingangen van de comparatoren op elke spanning tussen 0 en +5 volt instellen. Het zal nu wel duidelijk zijn dat het de bedoeling is dat elke comparator de spanning op punt A vergelijkt met een andere spanning en dat deze drie instelspanningen de vier grijswaarden vastleggen, die de schakeling kan onderscheiden. De werking van een comparator is als volgt. De uitgang kan slechts twee spanningsniveaus afgeven, namelijk 0 volt en +5 volt. De uitgang is gelijk aan 0 volt als de spanning op de inverterende ingang

kleiner is dan de spanning op de niet-inverterende ingang. De uitgang zal daarentegen op +5 volt staan als de spanning op de inverterende ingang groter is dan de spanning op de niet-inverterende ingang. Lezers die iets van elektronica afweten zullen nu opmerken dat deze werking tegengesteld is aan wat men zou verwachten. Dat klopt, maar de LM311 is een speciale comparator met een extra schakeltrap (die men naar wens zowel als emittervolger of als invertor kan schakelen) en in dit schema wordt deze uitgangstrap als omkeerversterker gebruikt.

De drie comparatoren worden nog eens opgevolgd door invertoren samengesteld uit een transistor en een collectorweerstand. Het signaal wordt van de collector afgenomen.

De instelpotentiometers worden zo afgeregeld dat de spanning op punt A, bij belichting van de fotodiode met een wit oppervlak, lager is dan de spanning op de lopers. De uitgangen van de drie comparatoren zijn dan "L". Als de fotodiode echter belicht wordt met het van een zwart oppervlak teruggekaatste licht, dan zal de spanning op punt A groter zijn dan de spanning op de lopers van de potentiometers. Alle comparatoruitgangen zijn dan "H". Het zal duidelijk zijn dat grijs tinten sommige comparatoren in de "H"-toestand brengen en andere in de "L"-toestand. De combinatie van "L"- en "H"-signalen op de uitgang van de comparatoren is dus een maat voor de hoeveelheid licht die op de fotodiode valt welke wordt bepaald door de grijs tint van het oppervlak dat wordt afgetaast. De door de transistoren omgekeerde signalen gaan naar een buffer IC4. Dit is een tri state buffer en als deze schakelingen wordt geactiveerd zullen de geïnverteerde comparator uitgangen op de databus verschijnen. Een lage comparatoruitgang zet dus een "H"-signaal op de lijn en omgekeerd. Het verband tussen hoeveelheid teruggekaast licht en de toestand op de drie data lijnen is gegeven in tabel 2.1. De eerste regel uit deze tabel geeft de toestand op de data lijnen weer als men de "zend"-drukknop (S1 in afbeelding 2.2) niet indrukt. De uitgang van de op deze drukknoop aangesloten buffer is "H" (de ingang hangt immers in de lucht), dit hoge signaal komt op data lijn PB3 en wat ook de toestand op de drie overige lijnen is, de code op de vier data lijnen zal decimaal een getal opleveren dat in elk geval groter is dan 7. Uit deze informatie kan de computer afleiden dat de scanner nog niet in positie is en dat het niet de bedoeling is data in

Tabel 2.1 Overzicht van de gegevens die de schakeling aan de computer levert voor de verschillende grijs tinten.

| "zend"- drukknop | grijswaarde beeldpunt | poort B 3 2 1 0 | decimaal equivalent |
|---------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| niet ingedrukt | wille- keurig | 1 X X X | meer dan 7 |
| | wit | 0 1 1 1 | 7 |
| wel | lichtgrijs | 0 0 1 1 | 3 |
| ingedrukt | donkergrijs | 0 0 0 1 | 1 |
| | zwart | 0 0 0 0 | 0 |

(0 = "L", 1 = "H" en X = "L" of "H")

te lezen. Als men echter de "zend"-drukknoop wel indrukt, levert de buffer een "L" aan data lijn PB3. De decimale code van de digitale informatie op de vier laagste data lijnen is nu 7,3,1 of 0, afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de fotodiode valt. Deze code wordt door de computer ingelezen en het is de bedoeling dat er een BASIC-programma wordt geschreven dat er voor zorgt dat deze codes worden omgezet in op het scherm getekende blokjes met verschillende intensiteit. Hierop komen wij later terug.

De "enable"-ingang van de tri state buffer is verbonden met een van de geadresseerde uitgangen van de decoder. Als deze uitgang wordt geactiveerd (hetgeen overeen komt met een "L"), worden de elektronische schakelaars in de buffer gesloten en de geïnverteerde uitgangen van de comparatoren belanden op de databus. Men kan de gegevens via poort B in de computer inlezen. Als het signaal op de "enable" "H" is, dan openen de elektronische schakelaars van de tri state buffer zich en de schakeling wordt losgekoppeld van de databus.

Hoewel het in principe natuurlijk mogelijk is de "enable" te verbinden met een willekeurige geadresseerde uitgang (zie tabel 0.2) gaat de later in dit hoofdstuk behandelde BASIC-listing er van uit dat de schakeling wordt geactiveerd door uitgang 12. Zou men om wat voor reden dan ook een andere geadresseerde uitgang willen gebruiken, dan moet men de gegevens in de programma's aanpassen.

Bouw van de scannerkop

Het zelfbouwen van de scannerkop is de moeilijkste klus. Men kan op verschillende manieren te

werk gaan, afhankelijk van de beschikbare materialen en de handvaardigheid. Men kan van een klein metaal of kunststof blokje uitgaan en daar de noodzakelijke gaten en openingen in maken, maar dit vereist wel wat handigheid. Men kan ook een stuk hout gebruiken en in principe is het zelfs mogelijk om de kop uit een flinke kurk te maken.

Hoe men ook te werk gaat, het uiteindelijke resultaat moet aan de volgende eisen voldoen:

- het oppervlak van de kop moet volstrekt plat op de tekening kunnen rusten, er mag absoluut geen licht van buiten kunnen doordringen;

- de onderkant moet worden voorzien van een vierkant gat van 5 bij 5 mm, zoals gezegd bepalen de afmetingen van deze opening de resolutie van de scanner;

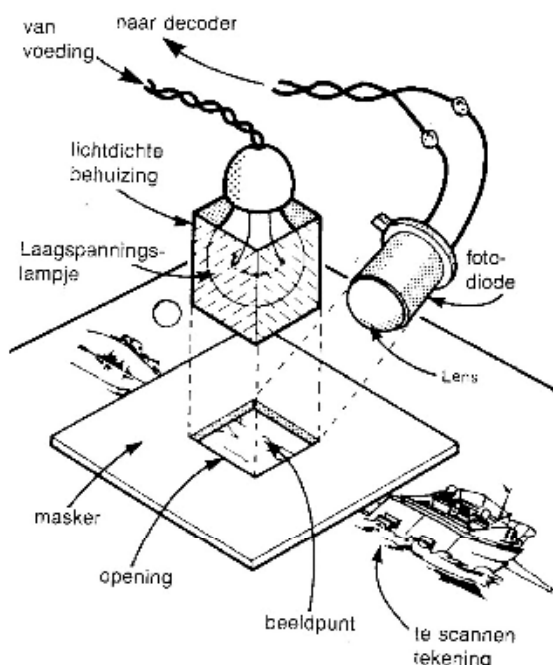
- in de scannerkop moet een klein lampje worden ingebouwd, dat het genoemde vierkante gat zo gelijkmatig mogelijk belicht;

- het moet mogelijk zijn de positie van dit lampje te wijzigen, zodat men de hoeveelheid licht die op de tekening valt kan regelen door de afstand tussen lampje en tekening te vergroten of te verkleinen;

- het lampje moet mechanisch zeer stabiel zijn opgesteld, dus echt in een vast gemonteerde fitting geschroefd;

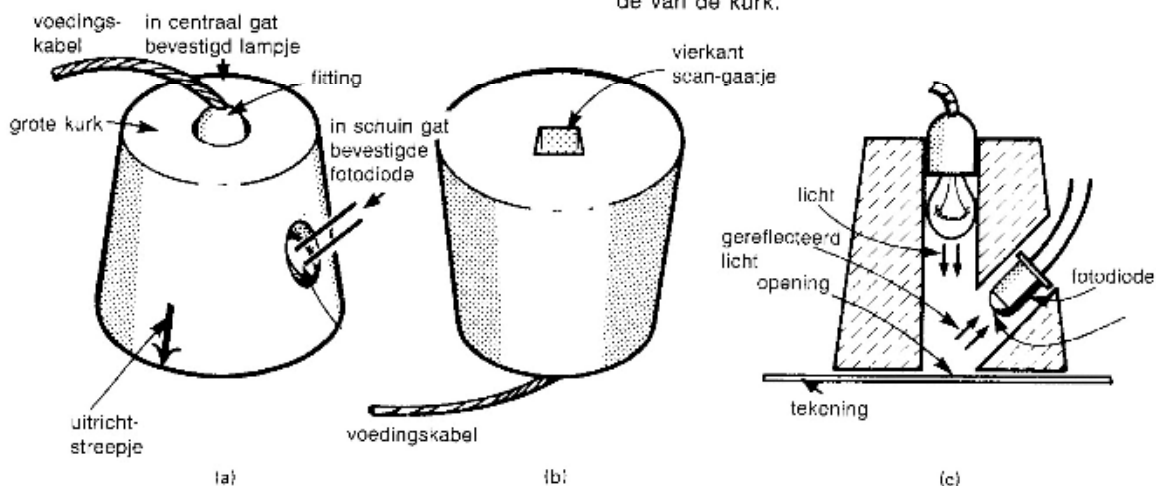
- de fotodiode moet zo worden aangebracht dat er geen rechtstreeks licht van het lampje op kan vallen en de gevoelige diode alleen getroffen kan worden door het van de tekening gereflecteerde licht;

- de binnenkant van de scannerkop moet met matte zwarte verf worden afgewerkt, zodat er zo min mogelijk ongewenste reflecties optreden.



Afb. 2.3. De onderlinge positie van de belangrijkste onderdelen van de scannerkop, vóór inbouw in het koplichaam.

Afb. 2.4. De scannerkop, gemaakt uit een grote kurk. a - compleet gemonteerd (bedrading nog niet aangebracht); b - onderkant van de kop, duidelijk zichtbaar is het vierkante gat van 5 bij 5 mm; c - dwarsdoorsnede van de kurk.



De afbeeldingen 2.3 en 2.4 geven een indruk van het eindresultaat van het geknutsel. Bij het prototype werd uitgegaan van een grote kurk, eentje die gebruikt wordt bij het zelf maken van wijn. Zo'n kurk heeft het grote voordeel dat er al een gaatje door is geboord. Men kan dit gat tamelijk eenvoudig met een mesje tot de gewenste vierkante opening omvormen. Het gat moet aan de bovenzijde zo breed zijn dat de fitting van het miniatuur lampje er net met enige moeite in past. Men kan dan de lichtbron toch op en neer bewegen, terwijl de veerkracht van de kurk groot genoeg is om het lampje met fitting op zijn plaats vast te klemmen. Hierna boort men het gaatje voor de fotodiode en kan men dit onderdeel (waarvan, om kortsluiting te voorkomen, de twee aansluitdraden worden voorzien van isolatiekous of tape) in de bovenkant van dit gaatje monteren. Ook nu zorgt de veerkracht van de kurk voor een stabiele bevestiging. Als alles naar behoren past haalt men alle onderdelen weer uit de kurk, verft alle kanalen zwart en brengt aan de buitenkant twee markeringsstreepjes aan. Men kan echter ook eerst de buitenkant van de kurk afwerken, bijvoorbeeld door er zwarte tape rond te wikkelen, zodat het geheel er netjes uitziet. Als de verf droog is kunnen het lampje en de diode weer op hun plaats worden gemonteerd. De scannerkop wordt met behulp van een vieraderig soepel kabeltje (bijv. telefoonsnoer) verbonden met de elektronische schakeling: twee draadjes worden aangesloten op de fotodiode, de twee overige met het lampje. Let op de polariteit van de diode, de anode- en kathode-aansluitingen mogen niet worden verwisseld.

Bouw van de elektronische schakeling

De beeldtaster is een van de meest ingewikkelde projecten uit dit boek. Men doet er dus verstandig aan de schakeling secuur na te bouwen en elk afgerond deel van de schakeling te testen. Begin met de schakeling rond de fotodiode (R1) en een van de comparatoren. Test daarna deze schakeling met een universeelmeter, aangesloten op punt A. Scherm de fotodiode af en controleer de spanning op het testpunt. Deze moet ongeveer +5 volt bedragen. Verwijder de afscherming rond de diode en richt het lensje op een lichtbron. De spanning moet nu dalen tot ongeveer 0 volt. Meet men in beide gevallen een spanning van ongeveer +0,7 volt, dan is de diode verkeerd aangesloten en moet men de twee aansluitdraadjes verwisselen. Draai de

loper van de instelpotentiometer van de comparator in de middenstand en meet de spanning op de looper. Deze moet ongeveer +2,5 volt bedragen. Meet vervolgens de spanning op de uitgang van de comparator (pen 7). Laat de hoeveelheid licht die op de fotodiode valt langzaam toenemen. De spanning op de uitgang van de comparator is eerst ongeveer +5 volt maar moet op een bepaald moment terugvallen naar 0 volt. Breng vervolgens de invertende trap aan, opgebouwd uit de transistor en de collectorweerstand en meet de spanning op de collector. Herhaal het hierboven genoemde experiment, de spanning op het testpunt moet nu eerst 0 volt bedragen en zal bij toenemende hoeveelheid licht op de fotodiode plotseling stijgen naar +5 volt. Men is er nu zeker van dat dit deel van de schakeling goed werkt. Bouw nu de tweede comparator, herhaal de tests en tot slot de derde comparator. Men kan nu de buffer bedraden. Leg de "enable"-ingang aan de 0 volt, zodat de uitgangen van de schakeling aan de uitgangen van de buffer moeten verschijnen. Herhaal de eerder genoemde experimenten en meet de spanning op de drie uitgangen van de buffer. Deze moeten identiek zijn aan de spanningen op de collectoren van de drie invertoren.

Tot slot kan men de schakeling afregelen. Men moet daartoe de spanning op de drie uitgangen meten, de hoeveelheid licht die op de diode valt langzaam laten stijgen en de drie potentiometers zo afregelen, dat de spanningscombinatie op de drie datalijnen overeen komt met tabel 2.1.

Het is ook mogelijk de schakeling af te regelen met een zogenoemde grijstrap, die in elke fotohandel te koop is. Leg deze plat op tafel en plaats de scannerkop respectievelijk op het witte vlakje, een lichtgrijs vakje, een donkergrijs vakje en op het zwarte vakje van de grijstrap. Meet telkens de uitgangsspanningen en regel de drie instelpotentiometers af tot de combinaties van tabel 2.1 ontstaan. Het printje kan met behulp van twee meervoudige printkroonsteentjes met de buitenwereld worden verbonden. Het ene heeft zes contacten: 0 volt, +5 volt, PB0, PB1, PB2 en PB3. Hou deze volgorde aan, want dit is ook de volgorde van de aansluitingen op de decoderprint, die in Appendix A wordt beschreven. Het tweede printkroonsteentje heeft slechts drie contacten, waarvan alleen het middelste wordt gebruikt. Dit wordt met een enkelvoudig kabeltje verbonden met de geadresseerde uitgang nummer 12 van de decoderprint.

Testen van de schakeling

Het is aan te bevelen de schakeling nog eens grondig te testen alvorens de verbindingen met de decoder worden gemaakt. Gebruik een multimeter en controleer of er geen kortsluitingen aanwezig zijn tussen de verschillende datalijnen, tussen een datalijn en de voeding en tussen de voeding en de massa. Een klein welhaast onzichtbaar klodderje soldeer tussen twee aansluitpunten van een IC kan de grootste mogelijke problemen veroorzaken. Controleer nog eens de gegevens op de uitgangen van de schakeling voor de vier verschillende belichtingsniveaus en ga ook na of er geen onderbrekingen zitten tussen de uitgang van de schakeling en de kabel waarmee de digitiser met de decoderprint wordt verbonden.

Als dit alles naar wens verloopt kan men de schakeling met de decoder verbinden, de decoder aansluiten op de computer, het apparaat inschakelen en bekijken wat er op het scherm verschijnt. Is dit het normalen begroetingsplaatje van de computer, dan kan men aannemen dat alles naar wens verloopt. Verschijnt er echter iets anders op het scherm, schakel dan onmiddellijk de computer uit en herhaal alle beschreven tests.

Testprogramma's

Onderstaand programma is geschreven voor de VIC-20 en is bedoeld om de basiswerking van de digitiser te controleren.

```
10 POKE 37138,240:REM DEFINIEER
DDR
20 POKE 37136,192:REM ACTIVEER DIGI
TISER
30 FOR J = 1 TO 80
40 PRINT PEEK(37136)AND15;
50 NEXT
60 GET AS:IF AS = "" THEN 60
70 GOTO 30
```

In regel 40 wordt de inhoud van poort B door middel van de reeds beschreven logische AND-operator vergeleken met decimaal 15, hetgeen in binaire code overeen komt met 00001111. De vier laagste datalijnen PB0 tot en met PB3 worden dus logisch vergeleken, zodat de vier door de digitiser geleverde signalen worden getecteerd.

Hetzelfde programma is bruikbaar voor de Commodore 64, maar men moet natuurlijk de adressen

van poort B en het DDRB-register aanpassen: verander 56579 in 37138 en 56577 in 37136.

Voor de BBC luidt het equivalente programma:

```
10 DDRB = 65122:DDR = 240
20 PORTB = 65120:PORTB = 192
30 FOR J = 1 TO 80
40 PRINT ?PORTB AND 15;
50 NEXT
60 AS = GET$
70 GOTO 30
```

Dit testprogramma leest 80 maal de gegevens van de digitiser uit en zet deze in decimale vorm op het scherm. Vervolgens wordt gewacht tot er op een toets wordt gedrukt en volgt er een nieuwe reeks metingen. De te verwachten resultaten kunnen worden afgeleid uit tabel 2.1.

Plaats de scannerkop op een wit oppervlak en druk op de "zend"-toets. De computer moet het cijfer 7 op het scherm zetten. Herhaal deze procedure voor grijze en zwarte oppervlakken. Regel indien noodzakelijk de drie potentiometers van de schakeling nog wat bij, totdat de volledige grijsschaal van wit tot zwart evenredig verdeeld is over de vier beschikbare waarden. Zoals uit de tabel volgt zijn de enige goede waarden (met ingedrukte "zend"-knop) 0, 1, 3 en 7. Als men niet op de knop drukt moeten de overeenkomende waarden 8, 9, 11 en 15 zijn. Andere getallen op het scherm duiden op een fout.

In de meeste gevallen is zo'n fout te herleiden tot één datalijn die of continu "L" of continu "H" is. In de veronderstelling dat alle potentiometers goed zijn afgeregeld kan dit niets anders betekenen dan dat deze lijn is kortgesloten naar de massa of naar de +5 volt. Door de te verwachten gegevens in binaire vorm uit te schrijven en deze te vergelijken met de resultaten op het scherm (ook in binaire code) komt men er al snel achter welke lijn de fout veroorzaakt en of dit naar de voeding of naar de massa is. De schakeling op zich is niet kritisch en als men nieuwe geïntegreerde schakelingen koopt kan men er zeker van zijn dat zij in principe best bereid zijn te doen wat er van verlangd wordt. Een fout zal dus in 99 van de 100 gevallen terug te voeren zijn naar foutieve onderlinge verbindingen, slechte soldeerslassen, kortsluitingen of onderbrekingen.

Werkprogramma's

Onderstaand Commodore 64 programma leest automatisch de gegevens van de scannerkop in en zet de resultaten op het scherm.

```
10 G=1024:H=55296:REM BASISADRES  
SEN VAN VIDEO- EN KLEUREN FILES  
20 POKE 56579,240  
30 POKE 56577,192  
40 PRINT" ■ "  
50 R=PEEK(56577)AND15  
60 FOR J=1 TO 100:NEXT  
70 IF R>7 THEN 50  
80 IF R=0 THEN C=0  
90 IF R=1 THEN C=12  
100 IF R=3 THEN C=15  
110 IF R=7 THEN C=1  
120 POKE H+K,C:POKE G+K,160  
130 K=K+1  
140 IF K=1000 THEN 140  
150 R=PEEK(56577)AND8  
160 FOR J=1 TO 100:NEXT  
170 IF R=0 THEN 150  
180 GOTO 50
```

Nu moet men echter wel eerst weten hoe de scanner in de praktijk moet worden gebruikt.

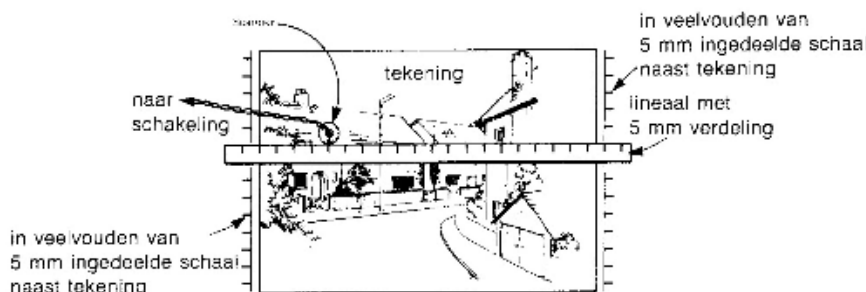
De bedoeling is dat de af te tasten tekening op een vlakke ondergrond wordt gelegd en dat de scannerkop langs een lineaal over de tekening wordt bewogen, zie afbeelding 2.5. De kop wordt van links naar rechts langs de lineaal verplaatst en bij elke nieuwe positie (die dus 5 mm van elkaar verwijderd zijn) drukt men even op de "zend"-knop. Nadat

de eerste lijn op deze manier is afgewerkt verplaatst men de lineaal 5 mm naar beneden en herhaalt de procedure.

Het programma volgt dit proces en PRINT kolom na kolom en regel na regel vierkantjes in de door de scanner aangegeven grijs tint op het scherm. In regel 120 wordt de karaktercode van een zwart blokje (160) in de video-RAM geplaatst en de kleurcode, voorgesteld door de variabele C, in de kleuren-RAM. De schermpositie wordt bepaald door de variabele K, die bij elke cyclus met één wordt verhoogd. De kleurencodes zijn 0 voor zwart, 12 voor donkergrijs, 15 voor lichtgrijs en 1 voor wit. Afhankelijk van de gegevens die de digitisator levert, wordt de waarde van C ingevuld in de regels 80 tot en met 110. Het programma begint met het uitlezen van de B-poort (regel 50). Is de decimale inhoud van de databus (voorgesteld door de variabele R) groter dan 7, dan blijft de computer in de lus 50 - 70 hangen.

Drukt men echter op de "zend"-knop, dan wordt de waarde van R kleiner dan 8, wordt de waarde van C ingevuld, de display-RAM gevuld, de plaatsbepalende variabele K aangepast en de inhoud van de B-poort opnieuw uitgelezen (regel 150). Nu echter wordt alleen naar het vierde bit gekeken (het bit dat "H" of "L" is afhankelijk van het wel of niet drukken op de "zend"-knop). Is dit bit "L", dan blijft de computer in de lus 150 - 170 steken, hetgeen verhindert dat de computer verschillende blokjes achter elkaar opvult terwijl men de knop ingedrukt houdt. Laat men de knop los, dan breekt de computer uit de lus en gaat weer naar regel 50. Het programma voor de VIC begint met:

```
10 G=7680:H=38400
```



Afb. 2.5. Op deze manier wordt een tekening afgetast: zowel horizontaal als vertikaal wordt een 5mm schaal toegepast.

Heeft men echter zijn computer voorzien van minstens 8 K extra geheugenruimte, dan moet men de waarden van G en H veranderen G wordt dan 4096 en H 37888.

Hierna volgt deze computer het C-64 programma, althans voor wat betreft de regels 10 tot en met 70. Natuurlijk moet men wel de te POKE-en en te PEEK-en adressen aanpassen, zoals beschreven in de inleiding van dit boek. Dit is trouwens iets dat voor alle in dit boek beschreven programma's geldt. Omdat de VIC geen grijstinten op zijn pallet heeft, moet de rest van het programma grondig worden gewijzigd. Een grijs blokje kan worden gesimuleerd door een raster. De VIC heeft één gerasterd symbool (toets +) en als men genoeg wil nemen met slechts één grijs tint tussen wit en zwart kan de rest van het programma als volgt worden ingetoetst:

```
80 IF R=0 THEN B=160
90 IF R=1 THEN B=102
100 IF R=3 THEN B=102
110 IF R=7 THEN B=32
120 POKE H+K,0:POKE G+K,B
130 K=K+1
140 IF K=506 THEN 140
150 R=PEEK(37136)AND8
```

In de regels 80 tot en met 110 wordt aan de variabele B de karaktercode van de drie beschikbare grafische symbolen toegekend. Omdat wij nu van slechts één grijs tint gebruik maken is het logisch dat de aan B toegekende waarde voor beide door de digitiser te detecteren grijs tinten identiek is: 102. Vervolgens worden weer de nodige POKE's in het video-RAM gepleegd, maar nu wordt een vaste kleurcode ingelezen (0 voor zwart, maar men kan natuurlijk ook een andere kleur kiezen) en een variabele symboolcode, afhankelijk of er een wit, zwart of gerasterd blokje op het scherm moet verschijnen.

Men kan ook twee verschillende grijs tinten reproduceren door twee zelfgedefiniëerde grafische symbolen in de computer in te lezen. Afbeelding 2.6 geeft twee bruikbare ontwerpen, het bovenste voor lichtgrijs, het onderste voor donkergrijs. Het is hier niet op zijn plaats om dieper in te gaan op het gebruik van zelfgedefiniëerde grafische symbolen bij de VIC-20. Er bestaat voldoende gespecialiseerde literatuur over deze techniek. Het enige dat hier-

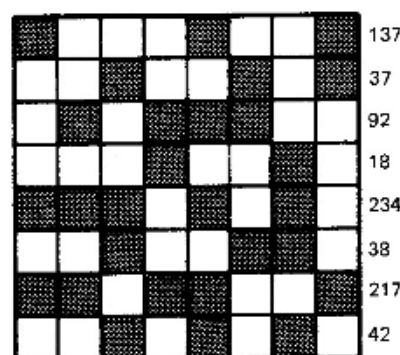
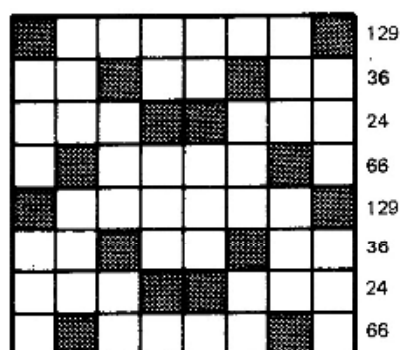
na moet gebeuren is de code van de variabele B aanpassen in de regels 90 en 100. Dit programma verdeelt het scherm in 23 regels van elk 22 karakters, vandaar de eindwaarde 506 (22 x 23) in regel 140.

Het volgende programma is geschreven voor de BBC en gaat ook uit van twee zelfgedefiniëerde grafische symbolen voor het nabootsen van de grijs tinten. In de handleiding van deze computer wordt uitvoerig ingegaan op de manier waarop men eigen grafische symbolen kan samenstellen en in de computer inlezen. Bij dit programma zijn de ASCII-codes 224 gereserveerd voor een wit vierkantje, 255 voor een lichtgrijs vierkantje (volgens afbeelding 2.6) en 226 voor de donkergrijze equivalent. Voor zwart wordt de spatie toegepast.

```
10 MODE 4:VDU 23;8202;0;0;0;:X=0:Y=0
20 A%= &97:X%= &62:Y%= 240:CALL &FFF4
30 X%= &60:Y%= 192:CALL &FFF4
40 CLS
50 REPEAT PROCdigitiser(15)
60 J=1 TO 100:NEXT
70 UNTIL R<8
80 IF R=0 THEN code=32
90 IF R=1 THEN code=224
100 IF R=3 THEN code=225
110 IF R=7 THEN code=226
120 PRINTTAB(X,Y)CHR$(code)
130 X=X+1:IF X=40 THEN X=0:Y=Y+1
140 REPEAT PROCdigitiser(8)
150 FOR J=1 TO 100:NEXT
160 UNTIL R<>FALSE
170 IF X<32 THEN 50
180 END
500 DEF PROCdigitiser(mask)
510 A%= &97:X%= &60:Y%= &192
520 CALL &FFF4
530 A%= &96
540 R=(USR(&FFF4)AND(mask*10000))/10000
550 A%= &97:Y%= 0
560 CALL &FFF4
570 ENDPROC
```


De VDU-instructie in regel 10 schakelt de cursor uit. De structuur van dit programma is iets complexer dan strikt noodzakelijk. De buffer van de digitiser wordt namelijk telkens voor en na een uitlezing gedeactiveerd, wat echter het grote voordeel heeft dat men dit programma ook kan gebruiken als onderdeel van een groter geheel, waarin de digitiser wordt toegepast. Met deze listing wordt het

scherm verdeeld in 32 regels met elk 40 posities: er worden echter slechts 25 regels gebruikt voor het samenstellen van het beeld. Als men uitgaat van een scannergat van 5 bij 5 mm betekent dit dat het maximaal te verwerken oppervlak gelijk is aan 20 bij 12,5 cm. Wil men grotere tekeningen scannen, dan moet men de afmetingen van de opening in de scannerkop evenredig groter maken.



Afb. 2.6. Zelf ontworpen grafische symbolen voor het nabootsen van twee verschillende grijs tinten. De symbolen worden in de computer ingelezen door de rechte decimale waarden in de symbolenfile van het geheugen te POKE-en.

Onderdelenlijst project 2

Weerstanden:

| | |
|-----|------------------------|
| R 1 | 100 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 2 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 3 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 4 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |

Instelpotentiometers:

| | |
|------|--------------|
| RV 1 | 100 kilo ohm |
| RV 2 | 100 kilo ohm |
| RV 3 | 100 kilo ohm |

Halfgeleiders:

| | |
|-----|------------------------|
| D 1 | BPX 65, fotodiode |
| T 1 | BC 107, npn transistor |
| T 2 | BC 107, npn transistor |
| T 3 | BC 107, npn transistor |

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|---------------------------|
| IC 1 | LM 311, comparator |
| IC 2 | LM 311, comparator |
| IC 3 | LM 311, comparator |
| IC 4 | 74LS125, tri state buffer |

Schakelaar:

| | |
|-----|------------------------------------|
| S 1 | enkelvoudige drukknop, maakcontact |
|-----|------------------------------------|

Diversen:

| | |
|-----|--|
| 3 x | 8-pens IC-voetje |
| 1 x | 14-pens IC-voetje |
| 1 x | miniatur gloeilampje 6,3 volt 300 mA, met ingebouwd lensje |
| 1 x | fitting voor miniaturlampje |
| 1 x | zespelige steker |
| 1 x | driepolige steker |

Extra speltoetsen

Hoewel de meeste computergebruikers de standaard toetsen van het toetsenbord gebruiken voor het besturen van de cursor over het scherm of voor het richten en afschieten van raketten en ander fraais in spelletjes, is het toch handig een klein extra toetsenbordje ter beschikking te hebben voor deze specifieke toepassingen.

Het in dit hoofdstuk beschreven hulp-toetsenbordje heeft vijf toetsen, die op verschillende manieren gebruikt kunnen worden.

Door bijvoorbeeld vier toetsen te voorzien van pijltjes kan men het bordje gebruiken voor het besturen van de cursor. Voor deze toepassing kan men de toetsen rangschikken volgens afbeelding 3.1a. Men zal in de praktijk al snel tot de conclusie komen dat het zeker voor snelle spelletjes veel handiger is om van dit toetsenbordje gebruik maken, omdat de vier richtingsknoppen in de meest logische positie staan. Men zou de toetsen ook naar de vier windrichtingen kunnen noemen.

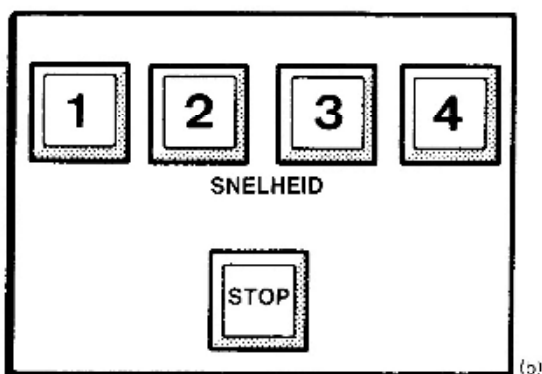
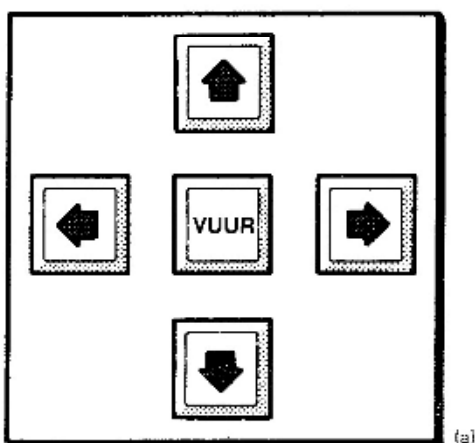
De vijfde toets, geplaatst tussen de overige vier, kan afhankelijk van het programma bijvoorbeeld gebruikt worden voor het afschieten van een kanon, het geven van een tekeninstructie, het plotten van een punt, of gewoon om aan te duiden dat de cursor niet mag bewegen.

Men zou het toetsenbord bijvoorbeeld kunnen gebruiken in een zelf ontworpen tekenprogramma, waarbij het indrukken van de richtingstoetsen de cursor over het scherm laat bewegen zonder dat een lijn wordt getekend en waarbij het gelijktijdig indrukken van een van de genoemde toetsen met de vijfde toets een lijn op het scherm trekt.

Het extra toetsenbord komt echter ook uitstekend van pas bij allerlei besturingsprogramma's. Zo zou men de toetsen volgens afbeelding 3.1b kunnen plaatsen, waarbij de vier op een rij opgestelde toetsen de functies "rijden", "versnellen", "vertragen" en "achteruit" kunnen krijgen en de vijfde toets een noodstop inluidt. Zo'n opstelling is erg handig voor het met de computer besturen van een modelbaan (zie project 4).

Bovendien komt het extra toetsenbordje erg van pas bij het spelen van spelletjes met een tegenstander. Het samen gebruik maken van het standaard

toetsenbord van de computer is vervelend en men zou één speler kunnen uitrusten met een extra toetsenbordje terwijl de tegenstander van het computerbord gebruik maakt; Dit is zeer zeker nuttig bij het soort spelletjes waarbij men niet van elkaar mag weten wat voor toets men indrukt. Verder is het vrij eenvoudig om de computer zo te programmeren dat of het ene of het andere toetsenbord wordt ingeschakeld.



Afb. 3.1. Twee mogelijke indelingen van het extra toetsenbordje; a - specifieke opstelling voor het besturen van een cursor of een symbool op het scherm; b - opstelling voor het besturen van modelbaan, met vier snelheidstoetsen en een noodstop.

Als laatste toepassing vermelden wij nog het gebruik van een extra toetsenbord op afstand. Het toetsenbordje kan bijvoorbeeld in de ene kamer worden geplaatst en met een kabeltje worden verbonden met de elders geplaatste computer. In principe zou men zelfs een volledig computergestuurde huishouden kunnen ontwikkelen, waarbij in elke kamer een of meerdere toetsenborden aanwezig zijn, elk met een specifieke functie. Elk toetsenbord kan worden aangesloten op een afzonderlijke geadresseerde uitgang van de decoder en de computer kan zo worden geprogrammeerd dat hij alle toetsenborden een voor een afvraagt en als hij een toetsdruk in een van de kamers detecteert onmiddellijk de gewenste actie (inschakelen van verlichting, apparatuur in- of uitschakelen, etc.) onderneemt.

Schemabeschrijving

Het schema van het extra toetsenbord is getekend in afbeelding 3.2. Elke toets wordt verbonden met één ingang van een EXOR-poort. Een EXOR-poort (ook exclusieve-OR genoemd) heeft twee ingangen en een uitgang. Als de signalen op beide ingangen gelijk zijn (dus twee "H"-signalen of twee "L"-signalen) dan zal de uitgang van de poort "L" zijn. De uitgang wordt "H" als beide ingangen tegengestelde signalen voeren. De in deze schakeling toegepaste poort maakt deel uit van de TTL-familie. Deze familie van geïntegreerde schakelingen heeft de eigenschap dat een "open" ingang (dus een ingang die nergens mee verbonden is)

door het IC wordt geïnterpreteerd als of de ingang "H" is. Als de schakelaars open staan (als er dus niet op wordt gedrukt) dan zijn alle ingangen open en bevinden zich op een "H"-potentiaal. Drukt men op een toets, dan wordt de ingang met de massa verbonden, hetgeen uiteraard overeenkomt met een "L"-signaal.

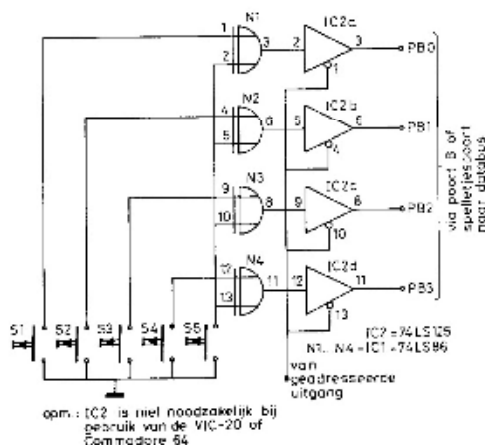
Men kan nu gaan onderzoeken welke binaire code op de vier uitgangen van de schakeling verschijnt voor de tien mogelijke situaties: vijf situaties waarbij de vijfde extra toets niet rust wordt gelaten en vijf identieke situaties waarbij men tegelijkertijd op de vijfde toets drukt. Het resultaat is overzichtelijk samengevat in tabel 3.1. In deze tabel is niet alleen de binaire code op de data lijnen PB0 tot en met PB3 gegeven, maar ook het decimale equivalent van deze code.

Tabel 3.1 De gegevens die op de vier data lijnen PB0 tot en met PB3 verschijnen bij het indrukken van een toets of combinatie van toetsen.

| toetsen | data lijnen | decimale waarden |
|-----------|-------------|------------------|
| 5 4 3 2 1 | 3 2 1 0 | |
| 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 |
| 0 0 0 0 1 | 0 0 0 1 | 1 |
| 0 0 0 1 0 | 0 0 1 0 | 2 |
| 0 0 1 0 0 | 0 1 0 0 | 4 |
| 0 1 0 0 0 | 1 0 0 0 | 8 |
| 1 0 0 0 0 | 1 1 1 1 | 15 |
| 1 0 0 0 1 | 1 1 1 0 | 14 |
| 1 0 0 1 0 | 1 1 0 1 | 13 |
| 1 0 1 0 0 | 1 0 1 1 | 11 |
| 1 1 0 0 0 | 0 1 1 1 | 7 |

0 = niet ingedrukt 0 = "L"
1 = wel ingedrukt 1 = "H"

In principe kan men het extra toetsenbordje op twee verschillende manieren met de computer verbinden. De meest eenvoudige methode is de uitgangen van de EXOR-poort rechtstreeks aan te sluiten op de spelletjespoort van de computer. Deze poort wordt bij sommige apparaten de "control"-poort genoemd. Dit werkt uitstekend bij de VIC-20, terwijl het bij de Commodore 64 zelfs mogelijk is twee extra toetsenbordjes rechtstreeks aan te sluiten. Deze computer is immers uitgerust met twee spelletjespoorten.



Afb. 3.2. Het complete schema voor het inlezen van het extra toetsenbord. Schakelaar S5 is de controle-toets.

Zoals reeds gezegd kan men de schakeling van afbeelding 3.2 vereenvoudigen: de tri state buffer IC2 is niet noodzakelijk. Alleen als men het toetsenbordje in combinatie met de decoder gebruikt, dan is deze buffer wel nodig. Men kan de schakeling op de gebruikelijke manier met de decoder verbinden (een zeshoekige kabel voor voeding, massa en datalijnen en een enkelvoudig draadje naar de geselecteerde geadresseerde uitgang).

Bij de BBC-computer moet men van deze tweede mogelijkheid gebruik maken en als men de VIC-20 van twee extra toetsenborden wil voorzien ont-komt men ook niet aan het gebruik van de decoder.

De werking van de uitgebreide schakeling zal wel duidelijk zijn.

De uitgangen van de EXOR-poort worden aangeboden aan de ingangen van de tri state buffer. Is de enable-ingang van dit IC "L", dan zijn de elektronische schakelaars in de buffer gesloten en worden de uitgangen van de EXOR-poort rechtstreeks verbonden met de datalijnen. Maakt men de enable-ingang echter "H" (dat gebeurt automatisch als men de decoder een andere geadresseerde uitgang laat activeren) dan openen de elektronische schakelaars van de buffer zich en de uitgangen van de EXOR-poort worden losgekoppeld van de datalijnen van poort-B.

Bouw van de schakeling

Hoewel men in principe natuurlijk elke soort drukknop kan gebruiken valt het erg aan te raden niet te bezuinigen op deze onderdelen en "echte" toetsenbord drukschakelaars te kopen. Deze mogen dan weliswaar gemiddeld tien keer zo duur zijn dan de goedkoopste miniatuur drukknopjes, maar zij werken wel 100% betrouwbaar en dat is iets wat van hun goedkope soortgenoten allermint gezegd kan worden. En er is niets vervelender en irritanter dan een toetsenbord dat niet reageert op elke toetsdruk of soms zelfs dubbele pulsen afgeeft. Wie wel eens gewerkt heeft met een van die goedkope videospelletjes met membraantoetsen zal begrijpen wat ik bedoel. Bovendien hebben duurdere toetsen het voordeel dat zij niet alleen in verschillende kleuren te koop zijn, maar dat zij ook kunnen worden voorzien van transparante venstertjes waardoor we de toetsen van een passend opschrift kunnen voorzien. Teken op een stukje papier de juiste afmetingen van de toets na, gebruik wrijffletters voor het netjes op dit papier schrijven van de tekst,

snij het papiertje uit en bevestig het onder het venstertje. Het resultaat is niet alleen professioneel, maar bovendien voor een heel lange tijd netjes. De tekst kan, zelfs na miljoenen toetsdrukken, niet vervagen of vies worden.

De vijf toetsen kunnen in een klein plastic kastje worden gemonteerd. Ook hier kan men het ontwerp verfijnen, bijvoorbeeld door een speciaal voor dit soort toepassing ontworpen kastje met schuin aflopend frontplaatje te kopen.

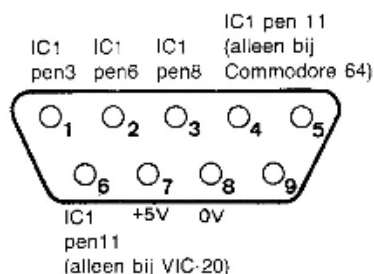
De elektronische bouw kan geen probleem geven. Men kan de twee IC'tjes op een klein stukje gaatjesepoxy solderen en de onderlinge verbindingen met dunne geïsoleerde draad uitvoeren.

Gebruikt men het bordje in combinatie met de spelletjespoort, dan moet men een zesaderig snoertje toepassen: twee aders voor de voeding en de massa en vier aders voor de gegevens. De schakeling verbruikt zo weinig stroom dat het geen probleem geeft als men de +5 volt rechtstreeks van de computervoeding aftakt.

De spelletjespoorten van alle computers hebben dan wel een gestandaardiseerde stekker (een zogenaamde negenpolige D-connector) maar dat wil nog niet automatisch zeggen dat alle connectoren ook volgens een standaard schema zijn verbonden met het inwendige van de computer.

Afbeelding 3.3 geeft de aansluitcode voor de VIC-20 en Commodore 64, waarbij u vooral moet letten op de verschillende aansluitingen van pen 11 van IC1: bij de VIC-20 moet deze uitgang worden verbonden met pen 6 van de D-connector, bij de Commodore 64 echter krijgt pen 4 het signaal van de onderste EXOR-poort te verwerken.

De kabel tussen computer en extra toetsenbord kan zonder bezwaar 1 à 2 meter lang zijn.



Afb. 3.3. Aansluiting van het extra toetsenbord op de spelletjespoort van de Commodore 64 en de VIC-20.

Testen van de schakeling

Nadat de schakeling is gebouwd voert men de standaardcontrole uit: nagaan of er geen zichtbare kortsluitingen tussen IC-pennetjes zijn ontstaan bij het solderen, of er geen kortsluitingen zijn gemaakt tussen de massa en de voeding. Zeker als men de schakeling rechtstreeks aan de spelletjespoort van de computer aansluit is deze laatste test zeer belangrijk. Een kortsluiting tussen voeding en massa kan de computer beschadigen.

Verbind de schakeling vervolgens met een voeding en leg de geadresseerde uitgang aan de massa. Druk dan achtereenvolgens op alle toetsen en meet de uitgang van de corresponderende poort met een voltmeter. Uit tabel 3.1 kan men aflezen wat de resultaten van deze test moeten zijn.

Verloopt alles tot zover naar wens, dan kan men de schakeling met de decoder verbinden, de decoder met de computer en de voedingsspanning inschakelen. Verschijnt het gebruikelijke openingsbeeld niet op het scherm, schakel dan onmiddellijk de computer uit en herhaal de tests.

Onderstaand programma is bedoeld voor de VIC-20 en veronderstelt dat het toetsenbord is aangesloten op de controlepoort van de computer.

```
10 FOR J = 1 TO 80
20 PRINT PEEK((37137)AND60)/4;
30 NEXT
40 GET A$:IF A$ = "" THEN 40
50 GOTO 10
```

Met dit programma worden de vier datalijnen 80 maal uitgelezen en de resultaten in decimale vorm op het scherm ge-PRINT. Daarna wacht het programma tot er op een toets (van het standaard toetsenbord) wordt gedrukt en herhaalt de cyclus. Daar de spelletjespoort is verbonden met poort A van de VIA (als u niet meer weet wat dat is, lees dan nogmaals de inleiding van dit boek) kan men het extra toetsenbordje zonder problemen samen met de decoder en een van de andere in dit boek beschreven projecten gebruiken. Deze maken immers allemaal gebruik van poort B en deze twee poorten bijten elkaar niet.

Voor de Commodore 64 kan men hetzelfde testprogramma gebruiken, met dien verstande dat regel 20 wordt gewijzigd in:

```
20 PRINT PEEK(56320)AND15;
```

Deze PEEK geldt voor spelletjespoort nummer 1. Voor poort nummer 2 moet men het PEEK-adres veranderen in 56321.

Het testprogramma voor de BBC is hetzelfde als dat beschreven bij het vorige project. De enige wijziging is dat men in regel 20 de waarde 192 moet vervangen door een andere uit tabel 0.2 en wel afhankelijk van welke geadresseerde uitgang men heeft voorbehouden voor het extra toetsenbord.

Extra toetsenbord in eigen programma's

Men kan het toetsenbord in eigen programma's verwerken. Hoe dat precies moet is uiteraard afhankelijk van het soort programma en van de functie die men aan de extra toetsen wil geven. Er bestaan wel enige algemene richtlijnen.

In het algemeen komt het er op neer dat men de computer eerst opdracht geeft de decimale waarde van het toetsenbord uit te lezen, deze waarde aan een variabele toe te kennen en vervolgens door middel van een aantal IF ... THEN-regels (waarbij de waarde van de variabele de IF-factor is) naar diverse subroutines of procedures te springen.

Uit het voorbeeldprogramma van de beeldaftaster kan men enige nuttige bijzonderheden afleiden. De computer werkt zeer snel en hij is in staat de waarde van het toetsenbord honderden malen per seconde uit te lezen. Dit wil zeggen dat men nooit in staat is een toets zo kort in te drukken, dat de computer niet meer dan één lezing uitvoert. Vandaar dat men bij het uitlezen van een toetsenbord steeds enige eindloze lussen moet inbouwen. De eerste lus wordt steeds doorlopen tot er een toets wordt ingedrukt (regels 50 tot en met 70 in het digitizerprogramma). De "lege" FOR ... NEXT-lus is noodzakelijk voor het onderdrukken van de eventueel optredende contactdender. Bij het indrukken van een drukschakelaar zullen de veerkrachtige metalen lipjes, die het elektrische contact tot stand brengen vaak enige tienden van een seconde gaan vibreren, waardoor de verbinding enige tientallen malen wordt gemaakt en weer verbroken. Dit verschijnsel noemt men de dender van een schakelaar. Eerst nadat de contactlipjes echt tot rust zijn gekomen en het contact definitief gemaakt is kan men de toetscode uitlezen. De "lege" FOR ... NEXT-lus overbrugt deze denderperiode en zorgt ervoor dat de computer steeds betrouwbare gegevens van het toetsenbord uitleest. Hierna kan men de gegevens van het toetsenbord verwerken, bijvoorbeeld door ze toe te kennen aan een variabele.

Alvorens de computer een tweede maal de status van het toetsenbord onderzoekt moet de computer ervan overtuigd zijn dat er een nieuwe toets ingedrukt is. Nu laat men steeds eerst de oude toets los alvorens men een nieuwe indrukt. De computer blijft in de tweede oneindige lus (regels 150 tot en met 170 in het digitizerprogramma) tot wordt vastgesteld dat alle toetsen vrij zijn.

Is dat het geval, dan moet de computer terug naar de eerste eindloze lus worden geleid, zodat hij deze kan blijven doorlopen tot er op een nieuwe toets wordt gedrukt.

Deze programmastructuur met twee eindloze lussen is de enige betrouwbare als het de bedoeling is afwisselend de verschillende toetsen in te drukken, bijvoorbeeld als het extra toetsenbordje wordt gebruikt voor cursorbesturing. Er zijn natuurlijk ook toepassing te bedenken waar het alleen maar noodzakelijk is één toets in te drukken en het de bedoeling is dat de computer iets doet zolang deze toets wordt bediend. In dat eenvoudige geval hoeft men niet moeilijk te doen met twee eindloze lussen en kan men rechtstreeks de decimale waarde van het toetsenbord uitlezen.

De VIC-20 en de Commodore 64 zijn niet voorzien van een automatische repeteerfunctie voor alle toetsen. In feite zijn slechts een paar controletoesen van deze eigenschap voorzien. Het heeft dus geen zin om bij deze machines een toets langer dan noodzakelijk ingedrukt te houden. Men kan echter deze functie op alle toetsen inschakelen door:

POKE 650,128

Onderdelenlijst project 3

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|---|
| IC 1 | 74LS86, viervoudige EXOR-poort |
| IC 2 | 74LS125, viervoudige buffer met tri state uitgangen |

Diversen:

| | |
|-----|--|
| 5 x | toetsenbordschakelaar, enkelvoudig maakcontact |
| 2 x | 14-pens IC-voetje |
| 1 x | zespolige stekker |
| 1 x | driepolige stekker |
| 1 x | klein plastic kastje |

Modelbesturing

Bij modelspoorbanen kan men de realiteit van het gebeuren in niet geringe mate verhogen door een microcomputer in te schakelen bij de besturing. Men kan locomotieven laten optrekken, afremmen, stoppen, starten en van rijrichting laten veranderen met aan het "echte leven" ontleende snelheidsvariatics. Alle bewegingen kunnen vooraf in de computer worden geprogrammeerd en door een eenvoudige toetsdruk in werking worden gesteld. Ook is het mogelijk alle manoeuvres van tevoren in een BASIC-programma op te nemen en de besturing van de baan volledig aan de computer toe te vertrouwen. Het is werkelijk indrukwekkend om alle treintjes, als leefden zij een eigen leven, over de baan te zien rondrijden, stoppen, "passagiers in- en uit laten stappen", optrekken en hun reis vervolgen.

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling heeft natuurlijk niet alleen in combinatie met modelspoorbanen worden gebruikt. In principe kan men de schakeling toepassen bij alles wat op afstand bestuurd kan worden, zoals modelracebanen en miniatuurbootjes. Wie geen twee linkerhanden heeft zou zelfs een eenvoudige eigen robot kunnen bouwen en de besturing van het apparaat kunnen koppelen aan de computer.

In feite kan men elk apparaat dat wordt aangedreven of bewogen door middel van deze schakeling automatiseren.

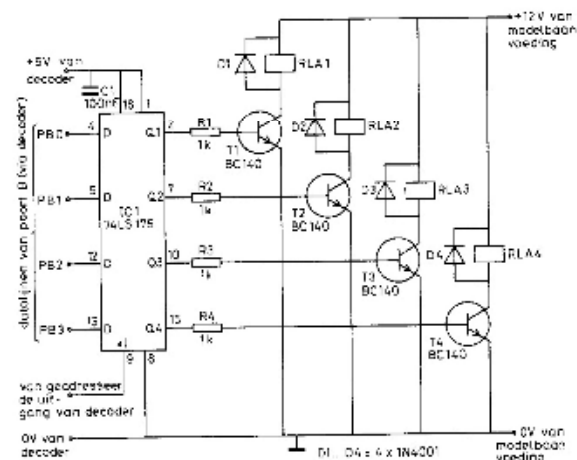
Daarnaast kan men met deze interface ook lampen aan- en uitschakelen en omdat de schakelactie door middel van relais wordt uitgevoerd kunnen deze lampen zowel uit lage gelijkspanning als uit wisselspanning van het net worden gevoed.

Het tweede voordeel van het gebruik van de oude, vertrouwde mechanische relais is dat er over een gesloten relais absoluut geen spanning valt en dat de relaiscontacten goed bestand zijn tegen kortstondige hoge stroompieken. Men hoeft dus niets te wijzigen in de schakeling die men door middel van deze interface wil sturen. Men kan zowel rechtstreeks transformatorspanningen door de interface laten in- en uitschakelen als reeds gelijkgerichte voedingsspanningen.

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling is samengesteld uit vier identieke relaiskringen. Het is echter niet noodzakelijk deze alle vier na te bouwen. Wie kan volstaan met twee schakelkringen hoeft slechts de helft van de interface nabouwen. Men kan de schakeling op een later tijdstip zonder problemen uitbreiden tot de maximale capaciteit van vier kanalen. Bovendien is het mogelijk, dank zij het gebruik van de decoder met zijn elf gedecodeerde uitgangen, verschillende relaisinterfaces na te bouwen, deze elk uit een verschillend geadresseerde uitgang van de decoder aan te sturen en veelvouden van vier kanalen ter beschikking te krijgen. Men kan dan niet alleen de basisbewegingen van een locomotief automatiseren, maar het systeem ook nog gebruiken voor het in- en uitschakelen van onder meer landschapsverlichting, het bedienen van overwegen en signalen.

Schemabeschrijving

Afbeelding 4.1 geeft het volledige schema van de relaisinterface. Geïntegreerde schakeling IC1 bevat vier zogenoemde "latches". Dit zijn een soort geheugenelementen, die in staat zijn een eenmalige puls op één van de ingangen te "onthouden". Bij het aanleggen van zo'n korte puls zal de schakeling



Afb. 4.1. De elektrische schakeling waarmee de vier relaisspoelen worden bekrachtigd.

omklappen. De uitgang van de latch wordt "H" en blijft in deze positie, ook nadat de ingangspuls is weggevallen. Met dit uitgangssignaal kan dan een relais worden ingeschakeld. De vier D-ingangen (van data) van deze latches worden verbonden met de vier datalijnen van poort B. Het IC heeft een clock-ingang (pin 9) die de werking van alle vier de latches controleert. Deze clock wordt verbonden met de geadresseerde uitgang van de decoder.

Bij dit project is het de bedoeling dat alle lijnen van de B-poort als uitgang worden gedefinieerd. De vier laagste datalijnen (PB0 tot en met PB3) sturen nu gegevens naar de schakeling in plaats van gegevens te ontvangen, zoals gebruikelijk was bij de tot nu toe beschreven projecten. Wil men een bepaald relais inschakelen, dan volstaat het de corresponderende datalijn "H" te maken en gelijktijdig de geadresseerde uitgang waarop de interface is aangesloten even te activeren. Zoals wij ondertussen weten kan men een geadresseerde uitgang even activeren door onmiddellijk na de activeringsinstructie een andere geadresseerde uitgang te activeren. De "L"-spanning op de eerste geadresseerde uitgang valt dan onmiddellijk weg.

De werking van de latches is als volgt. Op het moment dat er een smalle negatieve puls op de clock ontstaat zullen de Q-uitgangen van de latches de informatie van de D-ingangen overnemen. Deze informatie blijft in de latches bewaard, ook na het wegvallen van de puls op de clock. Hierna mogen de spanningen op de D-ingangen zo vaak veranderen als men wil, de latches zullen er niet op reageren. Eerst als er weer een smalle puls op de clock wordt aangelegd zullen de latches de op dat moment op de D-ingangen aanwezige signalen inlezen in de flipflops waaruit de latches bestaan. De Q-uitgangen nemen dan de nieuwe spanningen op de D-ingangen over en bewaren deze tot er weer een nieuwe clockpuls arriveert. Men kan dus na het activeren van de latch de vier laagste datalijnen van de databus gerust weer als ingang definiëren en gebruiken om de door andere uitbreidingsschakelingen geleverde informatie in het geheugen van de computer in te lezen. Zolang er geen nieuwe smalle puls op de geadresseerde uitgang van de relaisinterface verschijnt zullen de eenmaal ingeschakelde relais aangetrokken blijven.

De vier Q-uitgangen van het IC zijn niet in staat voldoende stroom te leveren om de relais rechtstreeks te bekrachtigen. Vandaar dat men vier transistortrappen tussenschakelt, die tot taak heb-

ben een "H"-signaal op een van de Q-uitgangen om te zetten in een grote stroom waarmee het relais wordt bekrachtigd. Is de Q-uitgang "H", dan zal er vanuit deze uitgang via de weerstand van 1 K ohm een basisstroom naar de transistor vloeien. De halfgeleider gaat geleiden, er vloeit een collectorstroom en deze stroom bekrachtigt het relais. Wordt de Q-uitgang "L", dan kan er geen stroom naar de basis van de transistor vloeien. De halfgeleider spert, er vloeit geen collectorstroom en het relais valt af.

Gebruik van de relaiscontacten

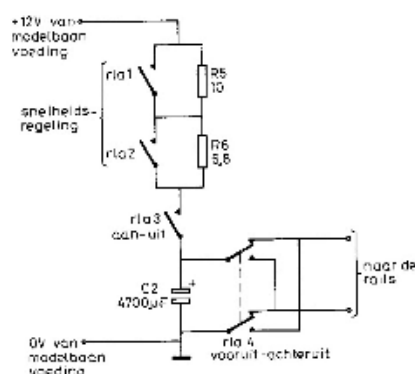
Eerst een belangrijke opmerking: zoals uit het schema van afbeelding 4.1 volgt, worden de relaisspoelen niet gevoed uit de normale +5 volt voeding van de decoder. De spoelen worden gevoed uit de schakeling waarin de relaiscontacten zijn opgenomen. Dit heeft twee redenen: in de eerste plaats verbruiken de spoelen vrij veel stroom en in de tweede plaats veroorzaken in- en vooral uitschakelende relais vrij veel stoorpulsen op de voeding. De dioden D1 tot en met D4, die over de spoelen van de relais zijn geschakeld, zorgen voor het onderdrukken van een deel van deze stoorpulsen.

Dit voedingssysteem heeft als consequentie dat men een gelijkgerichte wisselspanning van maximaal 25 volt ter beschikking moet hebben. Nu zal dit in de meeste gevallen geen probleem zijn: gelijkspanningsgevoede treintjes worden meestal gevoed uit een spanning van +12 volt en deze spanning is goed geschikt voor het in- en uitschakelen van de relaisspoelen.

Afbeelding 4.2 geeft een typische schakeling, waarin de vier relaiscontacten worden gebruikt voor het besturen van de motor van een treintje. Relais RLA3 is de aan/uit schakelaar. Het relaiscontact is geschakeld in de stroomkring tussen de voeding van de modelspoorbaan en de rails (of bovenleiding). Maakt men de datalijn, die via de latch op RLA3 is aangesloten "H", dan zal het relais RLA3 aantrekken. Het relaiscontact sluit, de stroomkring van de baan wordt gesloten en het treintje zet zich in beweging.

De relais RLA1 en RLA2 regelen de snelheid van de trein. De contacten van deze relais staan parallel over twee weerstanden R5 en R6. Staan beide relais open, dan moet de stroom die het treintje verbruikt door de twee weerstanden lopen. Over deze weerstanden ontstaan spanningsvallen en de spanning

die ter beschikking staat voor het aandrijven van het model daalt. De snelheid neemt af. In principe kan men deze snelheid gebruiken voor het laten optrekken van de trein. Men moet er echter wel rekening mee houden dat de in afbeelding 4.2 ingevulde weerstandswaarden alleen betrekking hebben op één specifiek merk en één specifiek model trein. Voor andere merken en modellen zal men de weerstandswaarden experimenteel moeten bepalen. Wordt nu één van de relais RLA1 of RLA2 bekrachtigd, dan zal het betreffende relaiscontact één van beide weerstanden overbruggen. De totale weerstand van de keten neemt af, de stroom stijgt. De motor van het model krijgt meer vermogen aangeboden en de snelheid zal toenemen. Het zal duidelijk zijn dat het sluiten van RLA1 meer invloed op de snelheid heeft dan het sluiten van RLA2. De weerstand R5 is immers groter dan de weerstand R6.



Afb. 4.2. Voorbeeld van het bedraden van de relaiscontacten als men de schakeling gebruikt voor het besturen van de snelheid en de rijrichting van een modellocomotief.

Tot slot bekrachtigt men beide relais waardoor alle weerstand uit het circuit verdwijnt, de trein rechtstreeks met de voeding wordt verbonden en het model met maximale snelheid gaat bewegen.

Het vierde relais, RLA4, bepaalt de rijrichting van de trein. Dit relais moet zijn voorzien van twee omschakelcontacten, die de stroom van de voeding of in de ene of in de andere richting door de motor sturen. Bij gelijkstroommotoren is de draairichting van de motor afhankelijk van de stroomrichting en het ompolen van de stroom heeft dus het veranderen van de rijrichting tot gevolg.

Met de vier op deze manier geschakelde relais kan men dus voor beide rijrichtingen vijf verschillende snelheden programmeren: nul, traag, gemiddeld, snel en topsnelheid. Uit het overzicht in tabel 4.1 kan men voor elke snelheid en richting de juiste code op de vier latchuitgangen en dus ook op de vier datalijnen afleiden. Ook de decimale code die op de datalijnen moet verschijnen voor elke toestand is in deze tabel gegeven en dat is een zeer handig hulpmiddel bij het opstellen van het juiste BASIC-programma.

Tabel 4.1 De decimale en binaire codes voor het besturen van de schakeling van afbeelding 4.2.

| bewegings- richting | snelheid | latch- uitgangen | | | | decimale waarde |
|------------------------|-------------|---------------------|---|---|---|--------------------|
| | | Q | Q | Q | Q | |
| | | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| vooruit | stop | 0 | X | X | 0 | 0,2,4,6 |
| | traag | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | normaal | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | snel | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | topsnelheid | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| achteruit | stop | 1 | X | X | 0 | 8,10,12,14 |
| | traag | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| | normaal | 1 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| | snel | 1 | 1 | 0 | 1 | 13 |
| | topsnelheid | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |

(0 = "L", 1 = "H" en X = "L" of "H")

Bouw van de relaisinterface

Hoewel de interface elektronisch bezien zeer eenvoudig is, neemt zij praktisch toch heel wat plaats in beslag. Ga dus uit van een voldoende grote montageplaat. Zeker als men met één relaiskring begint om de mogelijkheden van het systeem experimenteel uit te zoeken kan het bij toekomstige uitbreidingen zeer frustrerend zijn als dan blijkt dat men het geheel opnieuw moet bouwen, omdat de originele montageplaat te klein was.

Niet alleen de vier relais nemen veel ruimte in beslag. Ook de twee weerstanden R5 en R6 mogen niet al te compact worden gesoldeerd. Er kan een flinke stroom door lopen, om teveel hitte te voorkomen moet men dan ook draadgewonden weerstanden van 5 watt gebruiken. Men doet er het beste aan deze twee weerstanden minstens twee centimeter uit de buurt van andere onderdelen te

monteren en ze door middel van keramische afstandsbusjes op de print te bevestigen. Het weerstandslichaam rust dan niet op de print, de lucht kan vrij rond de onderdelen stromen en het oppervlak van de print gaat niet verschroeien.

De ook al flink uit de kluiten gewassen elektrolytische condensator C2 vervult een zeer belangrijke functie. Iedereen die met modeltreintjes speelt weet dat er tamelijk veel vonken worden opgewekt, bijvoorbeeld als de locomotief over enigzins gecorrodeerde rails rijdt of als het sleepcontact over een wissel of kruising glijdt. Deze vonken wekken stoorpulsen op de voeding op. Deze zogenoemde "spikes" kunnen zonder voorzorgen doordringen tot de elektronica van de computer. Weliswaar zullen deze stoorimpulsen de computer niet beschadigen. Maar het is echter niet ondenkbeeldig dat het ontstaan van deze spikes de inhoud van bepaalde geheugenplaatsen vernietigen. Met als gevolg dat een ingetocht programma er opeens heel raar gaat uitzien en de computer in het gunstigste geval met een foutmelding stopt. In het ongunstigste geval kan de computer "crashen" en kan men helemaal opnieuw beginnen. De genoemde elektrolytische condensator C2 absorbeert deze spikes, zodat alles naar wens blijft verlopen. Men moet dit onderdeel zo dicht mogelijk bij de uitgang van de relaischakeling opnemen. Indien geen gebruik wordt gemaakt van het ompoolrelais RLA4, dan kan C2 rechtstreeks worden gesoldeerd op de soldeerpenen waarop de draden worden aangesloten die naar de rails gaan. Wordt wel gebruik gemaakt van de ompoolmogelijkheid, dan moet deze condensator rechtstreeks over de relaisaansluiting worden opgenomen.

Over de belangrijke functie van de vier siliciumdioden D1 tot en met D4 is reeds het nodige gezegd. Niet alleen onderdrukken deze dioden de stoorpulsen die ontstaan bij het in- en uitschakelen van de relaisspoelen, zij beschermen ook nog eens de vier transistoren tegen vernietiging door te hoge stoorspanningen die door het uitschakelen van de spoelen kunnen ontstaan.

De kleine condensator C1 is ook al noodzakelijk voor het beveiligen van de schakeling tegen stoorpulsen. Latches zijn zeer storingsgevoelige schakelingen. Een niet onderdrukt stoorpulsje kan de inhoud van de latches teniet doen. Vandaar dat deze condensator rechtstreeks over de voedingsaansluitingen (pennen 8 en 16) van het IC moet worden aangebracht.

De relaisinterface wordt met twee kabeltjes verbonden met de decoder. De ene kabel, vieraderig, vervoert de gegevens en wordt aangesloten op een van de zespelige printkroonsteentjes op de decoderprint. De andere is driaderig en verzorgt het transport van de massa, de +5 volt voeding en de geadresseerde uitgang. Deze laatste kabel wordt verbonden met een van de driepolige aansluitingen op de decoder.

Zoals reeds eerder gezegd is het niet noodzakelijk de volledige schakeling in een keer na te bouwen. Een goede start is bijvoorbeeld IC1, R1, T1, D1 en RLA1. De twee beveiligingscondensatoren C1 en C2 moeten echter wel reeds worden aangebracht. U kunt nu één relais aansturen, bijvoorbeeld voor het zonder franje in- en uitschakelen van een locomotief. Snelheidscontrole en rijrichtingsturing kunnen dan later worden aangebracht. Het is ook mogelijk slechts twee relais te gebruiken voor het regelen van de snelheid. Er staan dan drie verschillende snelheden ter beschikking, maar men houdt één relais vrij voor bijvoorbeeld het sturen van een signaal.

Zoals al is opgemerkt, moet de waarde van de twee weerstanden R5 en R6 experimenteel worden bepaald. Men kan dat het beste doen voordat men de interface bouwt. Koop een verzameling draadgewonden 5 watt weerstanden in het gebied van 2,7 tot 27 ohm. Deze zijn zeer goedkoop. Weliswaar bestaan er draadgewonden regelbare weerstanden van het vereiste vermogen, maar deze zijn niet alleen erg duur, ook de verkrijgbaarheid kan een probleem vormen. Bovendien staan deze onderdelen er om bekend dat het contact op lange termijn gaat verslechteren, hetgeen uiteindelijk zelfs kan leiden tot doorbranden van de weerstandsdraad. Om het effect van een de weerstanden te bepalen schakelen we twee weerstanden in serie met één van de draadjes die van de voeding van de modeltrein naar het spoor of de bovenleiding voeren. Als de spanning is ingeschakeld kan het zijn dat de trein met een te hoge snelheid gaat rijden, hetgeen er op wijst dat de totale weerstandswaarde te klein is. Het kan ook zijn dat de trein stil blijft staan. Schakel dan onmiddellijk de voeding uit. De motor van de trein kan verbranden. Verlaag eerst de weerstandswaarden tot de trein met de gewenste snelheid gaat rijden. Voer deze experimenten met de zwaarste belasting die men onder normale omstandigheden aan de locomotief hangt en laat de

trein niet alleen op een recht stuk spoor rijden, maar ook door bochten, over de steilste helling en over wissels en kruisingen. Blijft de trein onder alle omstandigheden verder rijden, dan kan men deze weerstanden in de schakeling opnemen. Zoals uit afbeelding 4.2 blijkt hebben de twee weerstanden een onderlinge verhouding van ongeveer 2 op 1. Hou deze verhouding aan bij de experimenten, er ontstaan vier goed gespreide verschillende snelheden. Men kan natuurlijk ook één weerstand in serie opnemen, deze aanpassen tot de gewenste laagste snelheid gevonden is en vervolgens de weerstand in twee deelweerstand met de gegeven verhouding opsplitsen.

Weerstand en zijn alleen leverbaar in bepaalde waarden volgens de zogenoemde E-12 reeks: in één decade zijn twaalf verschillende waarden beschikbaar, namelijk 1 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,2 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,7 - 5,6 - 6,8 en 8,2. Waarden die niet in deze standaardreeks voor komen kan men samenstellen door de wetten voor het serie- en parallelschakelen van weerstanden toe te passen. Grotere waarden verkrijgt men door kleine weerstanden in serie te schakelen tot de som van de weerstanden gelijk is aan de gezochte waarde. Zo zou men een weerstand van 3 ohm kunnen samenstellen door twee weerstanden van 1,5 ohm in serie te schakelen. Kleinere niet standaardwaarden kunnen worden verkregen door twee grotere waarden parallel te schakelen. Op deze manier zou men een weerstand van 7,5 ohm kunnen samenstellen door twee weerstanden van 15 ohm parallel te schakelen. Zowel bij serie als bij parallel schakelen van weerstanden verdeelt het totale opgenomen vermogen zich over de deelweerstand. In de meeste gevallen is het zelfs mogelijk de grote 5 watt draadgewonden exemplaren te vervangen door twee of drie in serie of parallel geschakelde 2,5 watt koolweerstand.

Testen van de schakeling

Alvorens de relaisinterface met de decoder en de computer wordt verbonden moet men de gebruikelijke standaardtests uitvoeren. Controleren of er geen kortsluitingen op de print zijn ontstaan tijdens het solderen, of er geen koude lassen zijn gemaakt en of er geen onderbrekingen zitten tussen de print en de aders van de twee kabeltjes.

Als alles in orde is kan men de schakeling met de decoder verbinden, de decoder met de computer en het relaisbord met de modelbaan. Let er op dat de

+ 12 volt aansluiting van de modelbaan-voeding met geen enkel punt van de computer of de decoder verbonden mag worden. De enige verbinding tussen railsysteem en de computer is de massalijn: de nul volt leiding van de treinvvoeding moet met een extra draadje worden verbonden met de massa van het computersysteem, waarbij het echter niet uitmaakt waar men deze verbinding tot stand brengt. Men zou bijvoorbeeld een draadje kunnen solderen tussen nervoeding en decoderprint. Voor de eerste tests is het noodzakelijk dat de datalijnen tussen interface en decoder en de verbinding van de geadresseerde ingang wordt verbroken. Op dit moment is de enige verbinding tussen beide schakelingen dus de + 5 volt voeding en de massa. De overige verbindingen worden uitgerust met krokodilklampjes, zodat men deze draden gemakkelijk met de massa of de + 5 volt kan verbinden. Verbind de krokodilklem van de geadresseerde uitgang met de massa. Schakel nu alle apparaten in en verbind de PB2-lijn met de + 5 volt. Er mag nog niets gebeuren. Leg nu de draad van de geadresseerde uitgang aan de + 5 volt. Deze draad is verbonden met de clockingang van de viervoudige latch en zodra men met deze draad de + 5 volt aanraakt moet het relais RLA3 inschakelen. Bij de meeste relais ontstaat een duidelijk waarneembare tik als het metalen anker tegen de metalen kern in de spoel slaat. Het kan voorkomen dat het relais al inschakeld voordat men met de krokodilklem de + 5 volt heeft aangeraakt. Deze latch is immers zeer gevoelig en de kleinste spanningsverhoging (welke al kan ontstaan op het moment dat de krokodilklem wordt losgekoppeld van de massa) op de clock kan voldoende zijn om de schakeling te activeren.

Leg de krokodilklem nu opnieuw aan de massa, hetgeen geen verandering mag veroorzaken. Ondertussen moet de locomotief zich in beweging hebben gezet, want het sluiten van het contact van RLA3 heeft de stroomkring van de modelbaan gesloten. Leg de PB2-lijn vervolgens aan de massa. De trein blijft rijden. Haal de geadresseerde uitgang van de massa en verplaats de krokodilklem naar de + 5 volt. De latch moet nu opnieuw worden geactiveerd en daar de D-ingang van de latch nu aan de massa ligt en dus "L" is, moet de Q-uitgang ook "L" worden. Het relais valt af, de trein komt tot stilstand.

Men kan op dezelfde manier de goede werking van de drie overige schakelingen controleren, door telkens de overeenkomstige datalijn met massa en + 5

volt te verbinden en de latch met de geadresseerde uitgang te activeren.

Programmeren van de relaisinterface

Het BASIC-programma voor het besturen van de relaisschakeling moet steeds uit vier logische stappen zijn opgebouwd:

- 1 - Alle lijnen van poort B als uitgang definiëren.
- 2 - Een byte naar poort B zenden, dat is samengesteld uit de noodzakelijke gegevens voor het in- en uitschakelen van de relais en de informatie bevat voor het activeren van de geadresseerde uitgang (zie tabel 0.2). Door dit byte worden de data ingangen van de latch op de gewenste niveau's ingesteld en wordt de clocking van het IC "L" gemaakt.
- 3 - Een nieuwe byte naar poort B sturen, die nu alleen uit de gewenste gegevens is samengesteld. De data ingangen van de latch blijven op dezelfde niveau's, maar de clock wordt "H", waardoor de datagegevens in de latch worden ingelezen en de Q-uitgangen deze gegevens overnemen.
- 4 - Het herdefiniëren van de datalijnen van poort B als vier in- en vier uitgangen, zodat overige uitbreidingsschakelingen weer toegankelijk worden. Deze procedure is uiteraard niet noodzakelijk als de relaisschakeling de enige uitbreidingsschakeling is die wordt gebruikt.

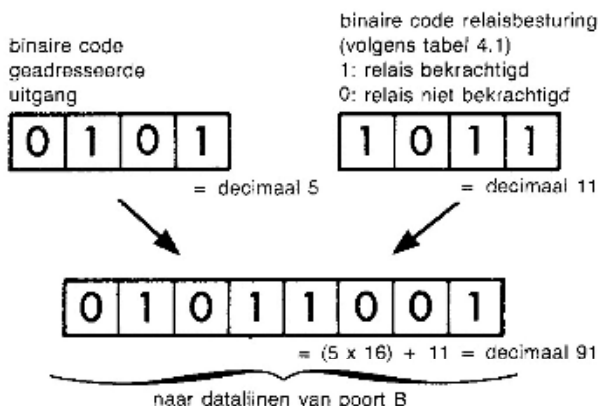
Voor de eerste stap gebruikt men dezelfde instructies als in de inleiding is besproken voor het definiëren van vier in- en vier uitgangen. Natuurlijk moet de POKE-code worden aangepast: in plaats van getal 240 moet men nu het DDRB-register vullen met code 255.

De tweede stap is het moeilijkst. De vier hoogste bits van de byte bepalen welke geadresseerde uitgang wordt geactiveerd, de vier laagste bits bevatten de informatie over welke relais moeten worden in- of uitgeschakeld. Het meest eenvoudige is, zoals geschetst in afbeelding 4.3, dat men voor elke situatie een tekeningetje maakt waarin men de logische waarden van alle bits invult. In deze afbeelding wordt de geadresseerde uitgangnummer 5 geactiveerd (de vier hoogste bits van de byte hebben de logische code L-H-L-H, hetgeen overeen komt met decimaal 5). Nu moet men deze decimale waarde met 16 vermenigvuldigen, dit wegens het "gewicht" dat aan de vier hoogste bits wordt toegekend. De vier laagste bits bepalen welk relais wordt bekrachtigd en welk relais wordt uitgeschakeld. In dit voorbeeld zijn de relais RLA1, RLA2

en RLA4 bekrachtigd, hetgeen volgens het schema van afbeelding 4.2 overeen komt met het achteruit rijden van de trein met gemiddelde snelheid. De logische code op de vier laagste bits H-L-H-H wordt ook omgezet in het decimale equivalent (11) en dit getal wordt opgeteld bij de eerder gevonden decimale waarde van de vier hoogste bits. Bij dit voorbeeld wordt de POKE-code: $(5 \times 16) + 11 = 91$.

Voor alle overige mogelijkheden kan men de code afleiden uit de tabel 0.2 (voor het bepalen van de geadresseerde uitgang) en uit tabel 4.1 (voor het bepalen van de relais). Het decimale getal uit de eerste tabel wordt met 16 vermenigvuldigd en dit resultaat wordt opgeteld bij de decimale code uit de tweede tabel. Men kan deze code op de reeds bekende manier naar poort B sturen: POKE het adres van de poort met de berekende decimale code.

De derde stap is nu gemakkelijk: POKE hetzelfde adres met de decimale code die overeen komt met de binaire samenstelling van de vier laagste bits. In feite hetzelfde getal als in de vorige stap, met dien verstande dat men alleen de decimale code uit tabel 4.1 moet gebruiken en de code voor de geadresseerde uitgang gelijk stelt aan nul.



Afb. 4.3. Samenstelling van het controle-byte uit de gegevens voor de geadresseerde uitgang (bits PB7 tot en met PB4) en de snelheidsgegevens (bits PB3 tot en met PB0).

In principe zou men nu aan de slag kunnen gaan maar helaas zijn er enige eigenschappen van elektromotoren die roet in het eten kunnen gooien. Sommige voedingsapparaten voor modelspoorbanen zijn voorzien van een automatische zekering. Als men plotseling de volledige voedingsspanning

over de motor zet, zal deze gedurende een korte tijd een vrij hoge aanloopstroom verbruiken. Deze stroom zal in de meeste gevallen de automatische zekering laten afslaan. Het systeem valt uit en men moet de zekering met de hand opnieuw inschakelen. Als uw treinbesturing met zo'n zekering is uitgerust moet men er steeds voor zorgen dat niet opeens de hele spanning op de motor wordt gezet. Het BASIC-programma moet dan zo worden geschreven dat de motor altijd in serie met minstens één van de voorschakelweerstand R5 of R6 uit stilstand wordt ingeschakeld. Als de motor eenmaal draait wordt de grote inschakelstroom tot een normale waarde gereduceerd en kan men onmiddellijk naar de maximale snelheid overschakelen. Een tweede probleem is dat er bepaalde types motoren in de handel zijn, die op de tot nu toe beschreven manier (eerst voorschakelweerstand inschakelen, om deze daarna stap voor stap uit te schakelen) niet willen starten. Deze motoren hebben een vrij grote energie-impuls nodig om te gaan draaien. Als de motor eenmaal draait kan men de toegevoegde energie verminderen. Bij dit soort modellen moet men de inschakelvolgorde omdraaien. Sluit eerst alle relais (de voorschakelweerstand worden dan uitgeschakeld en de motor krijgt het maximale vermogen toegevoerd) en laat deze instructie onmiddellijk volgen door een tweede tegengesteld bevel, waardoor alle relais, met uitzondering van RLA3, worden geopend. Er wordt dan een zeer korte energieimpuls aan de motor geleverd, die voldoende magnetische energie opbouwt om de motor over zijn "dode punt" heen te trekken. De motor zet zich in beweging maar daar de computer onmiddellijk het toegevoerde vermogen laat dalen (door de tweede instructie) zal de motor, eenmaal in beweging, met laag toerental blijven draaien. In de praktijk merkt men dus niets van deze korte energie-impuls. Men kan deze techniek ook toepassen als men een treintje zo zwaar belast dat dit op de normale manier niet zonder schokken in beweging te krijgen is.

Het rechtstreeks sturen van de treinbeweging door middel van de computer is uiteraard maar één van de toepassingen van wat met de combinatie computer-modelbaan mogelijk is. Er bestaat waarschijnlijk geen enkel praktisch toepassingsgebied van een computer waar de uitdagingen zo voor het oprapen liggen als juist hier, en het interessante is dat men, na de bouw van de relaisprint, in feite

geen extra hardware nodig heeft en alles via BASIC kan oplossen.

Enige ideeën:

Men zou een programma kunnen schrijven, waarmee het mogelijk is de bewegingen van de trein door middel van het toetsenbord van de computer te besturen. Men zou dit programma zo kunnen uitbreiden dat de computer de volgorde waarin men de toetsen en het tijdsverloop tussen de verschillende instructies in het geheugen opslaat. Nadat men met de hand een bepaalde treinbeweging heeft bestuurd kan men het systeem op computerbesturing omschakelen, waarna de computer de in het geheugen opgeslagen instructies in de juiste volgorde en timing herhaalt.

Onderdelenlijst project 4

Waarstanden:

| | |
|-----|----------------------|
| R 1 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 1 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 1 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 1 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |

Condensatoren:

| | |
|-----|--|
| C 1 | 100 nano farad, KMH |
| C 2 | 4700 micro farad, elco (de werkspanning moet in elk groter zijn dan de maximale rijspanning van de modelbaan). |

Halfgeleiders:

| | |
|-----|------------------------|
| D 1 | 1N4001, diode |
| D 2 | 1N4001, diode |
| D 3 | 1N4001, diode |
| D 4 | 1N4001, diode |
| T 1 | BC 140, npn transistor |
| T 1 | BC 140, npn transistor |
| T 2 | BC 140, npn transistor |
| T 3 | BC 140, npn transistor |
| T 4 | BC 140, npn transistor |

Geïntegreerde schakeling:

| | |
|------|-------------------------------------|
| IC 1 | 74LS175 viervoudige type-D flipflop |
|------|-------------------------------------|

Relais:

| | |
|-------|---|
| RLA 1 | miniaturrelais met enkelvoudig omschakelcontact, spoelspanning gelijk aan voedingsspanning modelbaan, schakelstroom minimaal 2 ampère |
| RLA 2 | idem als RLA 1 |
| RLA 3 | idem als RLA 1 |
| RLA 4 | idem als RLA 1, maar met twee omschakelcontacten |

Diversen:

| | |
|-----|---|
| 1 x | 14-pens IC-voetje |
| 1 x | zespolige stekker |
| 1 x | driepolige stekker |
| 1 x | voedingsstekker voor het aansluiten van modelspoorvoeding |

Pieper

Een schakelingetje dat op bevel van de computer een kort geluidssignaal opwekt kan een nuttige aanvulling betekenen op tal van spelletjesprogramma's en op computertoepassingen in en om het huis.

Weliswaar zijn alle computers in staat rechtstreeks geluiden op te wekken, hetzij via een ingebouwde luidspreker zoals bij de BBC, hetzij via de luidspreker van TV of monitor zoals bij de Commodore 64. De geluidsbron is dan echter gekoppeld aan de computer. Met dit project kan men de computer in de ene kamer zetten en via deze uitbreidingsschakeling geluiden in een andere kamer opwekken. Zo zou men bijvoorbeeld deze pieper in de keuken als eierwekker kunnen gebruiken en deze wekker bedienen door de op zijn vaste stekkie opgestelde computer.

Schemabeschrijving

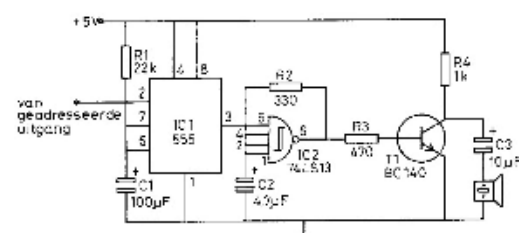
Het geluid wordt geproduceerd door een oscillator, die is gebouwd rond een NAND-poort uit een Schmitt-trigger IC (IC2 in afbeelding 5.1). In principe is dit een gewone NAND-poort, met als enig verschil dat de spanning op de ingang langzaam kan variëren. De poort onderscheidt twee zogenoemde "drempels". Stijgt de spanning op de ingang van 0 naar +5 volt, dan zal de schakeling deze spanning in het begin als "L" interpreteren. De poort werkt inverterend, de lage ingang wordt dus omgezet in een "H" op de uitgang. Op een bepaald moment is de spanning op de ingang zo ver gestegen dat de bovenste drempel wordt overschreden. De poort interpreteert het ingangssignaal nu als "H" en de uitgang wordt "L". Als men de spanning op de ingang van +5 volt naar 0 laat dalen gebeurt er iets identieks. In het begin interpreteert de schakeling de hoge spanning op de ingang natuurlijk als "H" en de uitgang wordt "L". Als de spanning op de ingang echter is gedaald tot de onderste drempel interpreteert het IC de ingangsspanning als "L" en de uitgang wordt "H". Het rare is nu dat deze twee drempels ongeveer 1 volt uit elkaar liggen. Als de spanning op de ingang stijgt zal de schakeling bij een bepaalde ingangsspanning U+ omklappen, als de ingangs-

spanning daalt zal de schakeling bij een iets lagere spanning U- omschakelen. Dit spanningsverschil tussen beide drempels noemt men de "hysteresis" van de Schmitt-trigger en dank zij deze hysteresis kan men de poort als oscillator gebruiken.

Zoals uit het schema blijkt zijn alle ingangen, op één na, met elkaar verbonden. Stel dat de spanning op alle ingangen 0 volt is. De poort werkt, zoals gezegd, inverterend, de uitgang is "H". Er gaat nu een stroom door de weerstand R2 vloeien, die de condensator C2 oplaadt. Het gevolg is dat de spanning over dit onderdeel langzaam gaat stijgen. Na een bepaalde tijd zal de ingangsspanning van de poort de bovenste drempel bereiken. De schakeling interpreteert dit signaal als "H", de poort klappt om en de uitgang wordt "L". De spanning op de ingang wordt nu groter dan de spanning op de uitgang. Er gaat een stroom in tegengestelde richting door de weerstand R2 vloeien die de condensator ontladaat. De spanning over dit onderdeel daalt, na een bepaalde tijd wordt dit signaal gelijk aan de onderste drempel van de Schmitt-trigger, de schakeling klappt om, de uitgang wordt weer "H". De condensator wordt weer geladen enzovoort.

Door het afwisselend op- en ontladen van de condensator zal de uitgang van de poort voortdurend heen en weer springen tussen "H" en "L". De snelheid waarmee dit gebeurt wordt bepaald door de grootte van de onderdelen R2 en C2.

Nu kan men om bepaalde redenen de waarde van de weerstand niet erg variëren. De waarde van dit onderdeel moet ergens tussen de 330 en 470 ohm liggen. Aan de waarde van de condensator zijn echter geen beperkingen gesteld, door het veran-



Afb. 5.1. Het schema van de pieper.

derden van de condensatorwaarde zal de snelheid waarmee de uitgang van het ene naar het andere niveau springt wijzigen en bijgevolg ook de toonhoogte van het geproduceerde geluid. Met de onderdelen van afbeelding 5.1 ontstaat een toontje van ongeveer 500 Herz.

Tot nu toe zijn wij ervan uitgegaan dat de onderste ingang van de Schmitt-trigger niet meespeelt. Deze ingang is echter verbonden met een tweede IC. Dit IC is een "timer" en deze schakeling bepaalt de tijdsduur van het piepje. In dit schema is dit IC als monostabiele multivibrator geschakeld. Op de uitgang (pen 3) ontstaat een eenmalige puls met een bepaalde breedte als de spanning op de triggeringang (pen 2) eventjes naar "L" gaat. Het zal duidelijk zijn dat wij zo'n korte negatieve puls kunnen opwekken door even een geadresseerde uitgang van de decoder te activeren. De lengte van de uitgangspuls is onafhankelijk van de lengte van de ingangspuls en wordt alleen bepaald door de waarde van de onderdelen C1 en R1. Er bestaat zelfs een eenvoudige formule die het verband tussen tijdsduur en componentenwaarden geeft:

$$T = 1,1 \cdot R \cdot C$$

Hierin is T de tijd in seconde, R de weerstandswaarde in ohm en C de condensatorwaarde in farad. Met de in het schema ingevulde waarden wordt de tijdsduur: $T = 1,1 \times 22000 \times 0,0001 = 2,42$ seconde.

De uitgang van de timer is in niet geactiveerde toestand "L". Deze uitgang is verbonden met een van de ingangen van de Schmitt-trigger poort. Dit lage signaal zorgt ervoor dat de oscillator niet kan oscilleren, de uitgang van de poort blijft "H". Als men echter de timer activeert gaat zijn uitgang voor 2,4 seconde naar "H". De poort wordt vrijgegeven en gedurende deze tijd zullen de oscillaties ontstaan. Nu kan men deze elektronische oscillaties niet horen. Vandaar de extra uitgangstrap, samengesteld uit een transistor en een klein piëzo-elektrisch luidsprekertje XTAL1.

Zo'n speciaal luidsprekertje bestaat uit een dun schijfje kristallijne stof. Deze stof heeft als eigenschap dat er mechanische trillingen in ontstaan als de spanning over het plakje wijzigt. Deze trillingen brengen de luchtmoleculen in beweging en deze luchttrillingen zijn hoorbaar. De transistor is noodzakelijk omdat de poort niet in staat is voldoende vermogen te leveren om het luidsprekertje rechtstreeks aan te sturen.

Het piëzo-speakertje maakt behoorlijk wat lawaai, eventueel kan men het element ook vervangen door een kleine gewone elektromagnetische luidspreker.

Bouw van de schakeling

Men kan dit project het beste herbergen in een klein plastic kastje, waarvan de afmetingen worden bepaald door de grootte van de luidspreker. Er zijn slechts drie verbindingen nodig tussen de pieper en de decoder: de massa, de +5 volt en de geadresseerde uitgang. Als men de schakeling echter in een andere ruimte wil opstellen verdient het aanbeveling de elektronica zo dicht mogelijk bij de decoder aan te brengen en alleen de luidspreker via een lang tweedaderig snoer in de andere ruimte aan te brengen.

Bij gebruik van een piëzo-elektrische resonator hangt de hoeveelheid geluid in niet geringe mate af van de manier waarop men dit onderdeel in of op het kastje monteert. Het trillend oppervlak van zo'n resonator is tamelijk klein, er bestaat in feite geen geluidsversterkende conus zoals een gewone elektromagnetische luidspreker dat wel heeft. Daarom is het aan te bevelen één van de wanden van de kast als dusdanig te gebruiken. De meeste resonatoren zijn ondergebracht in een kleine metalen behuizing, voorzien van een aantal metalen bevestigingslipjes. Men zou het ding met deze lipjes rechtstreeks op een print kunnen solderen. Gebruikt men echter deze lipjes om de resonator op één van de kastwanden te bevestigen (zie afbeelding 5.2), dan gaat de kast als resonator dienst doen en wordt het geluid aanzienlijk versterkt. Men kan op de juiste plaatsen enige kleine gaatjes in het kastje boren, de lipjes door deze gaatjes duwen en aan de binnenkant van het kastje ombuigen. De resonator zit dan vast op het kastje en geeft zijn mechanische energie ongehinderd door aan de wand van de behuizing.

Gebruikt men een gewone luidspreker, dan moet één van de wanden van de kast worden voorzien van een groot aantal kleine gaatjes, zodat de door de conus van de luidspreker in beweging gebrachte lucht ongehinderd naar buiten kan treden. Men zou eventueel de kast van een oude, afgeschreven draagbare transistorradio kunnen gebruiken, in de veronderstelling dat de daarin aanwezige luidspreker het nog doet. Het is dan niet eens noodzakelijk de "ingewanden" van de radio te slopen: er is altijd wel een plaatsje te vinden waar men een paar onderdelen van de pieper kwijt kan. Men soldeert

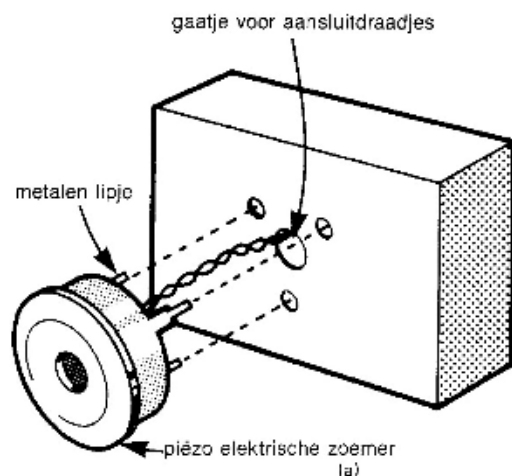
de twee luidsprekerdraden los van de radio en verbindt ze met de uitgang van de pieper.

De drieadrige kabel van de schakeling kan rechtstreeks worden verbonden met één van de aansluitingen voor de geadresseerde uitgangen van de decoderprint.

Testen van de schakeling

Verbind de schakeling met de massa en de voeding. Bij het inschakelen van de voeding zal de pieper waarschijnlijk in actie komen. Verbind pen 3 van IC1 met de massa. De Schmitt-triggerpoort wordt nu vrijgegeven en de schakeling moet continu een toontje opwekken. Gebeurt er niets, controleer dan de bedrading rond IC2 en de luidsprekerstuurtrap. Bevalt de toonhoogte niet, verander dan de waarde van C2. Hoe groter dit onderdeel, des te lager de toonhoogte. Herstel nu de verbinding tussen de uitgang van IC1 en de ingang van IC2. Schakel de geadresseerde ingang van +5 volt naar massa. De schakeling moet nu een toontje opwekken met de door de onderdelen rond IC1 bepaalde tijdsduur. Is deze periode niet naar wens, dan kan men zowel de waarde van R1 als de grootte van C1 veranderen. Het vergroten van één van deze onderdelen zal de periodeduur laten stijgen. Men kan in principe de tijdsconstante van de kring zo groot maken, dat de schakeling na een korte triggerpuls enige minuten aan het piepen blijft.

Afb. 5.2. Het monteren van de piëzo-elektrische zoemer op het kastje; a - de nodige gaatjes in de kastwand; b - de montagelijpjes zijn door de gaatjes gestoken en aan de achterzijde omgebogen.



Programmeren van de pieper

Dit gaat werkelijk zeer eenvoudig. Het enige dat men moet doen is het activeren van de geselecteerde geadresseerde uitgang op de reeds diverse malen beschreven manier. Alvorens men een tweede piep kan opwekken is het natuurlijk wel nodig dat de geadresseerde uitgang weer "H" wordt. Neem dus de goede gewoonte aan de pieper in te schakelen door twee instructies achter elkaar op te nemen in programma, waarbij de eerste de geadresseerde uitgang "L" maakt en de tweede dit bevel weer teniet doet.

Onderdelenlijst project 5

Weerstanden:

| | |
|-----|-----------------------|
| R 1 | 22 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 2 | 330 ohm, 1/4 watt |
| R 3 | 470 ohm, 1/4 watt |
| R 4 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |

Condensatoren:

| | |
|-----|-------------------------------|
| C 1 | 100 micro farad, elco, 6 volt |
| C 2 | 4,7 micro farad, elco, 6 volt |
| C 3 | 10 micro farad, elco, 6 volt |

Halfgeleider:

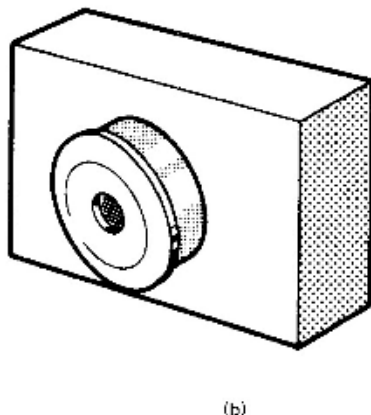
| | |
|-----|------------------------|
| T 1 | BC 140, npn transistor |
|-----|------------------------|

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|-------------------------------------|
| IC 1 | LM 555, timer |
| IC 2 | 74LS13, viervoudige Schmitt-trigger |

Diversen:

| | |
|-----|--|
| 1 x | XTAL 1, piëzo-elektrische zoemer, of kleine luidspreker 16 ohm, 1 watt |
| 1 x | 8-pens IC-voetje |
| 1 x | 14-pens IC-voetje |
| 5 x | soldeerlipje |
| 1 x | driepolige steker |



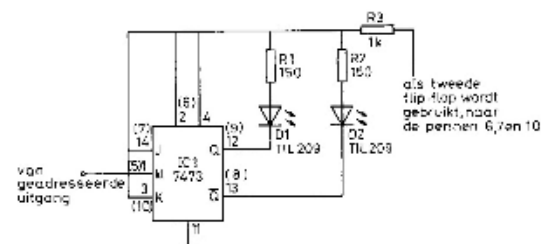
Knipperlicht

Met dit project kan men twee lampen of twee lampengroepen afwisselend laten knipperen. Als de ene lamp brandt, dan is de andere gedoofd en omgekeerd. De schakeling heeft tal van toepassingen: bij modelbouw het bedienen van overwegbeveiligingen, het laten knipperen van de "ogen" van een robot, waarschuwinglampjes bij beveiligingstoepassingen en zelfs bij sommige computerspelletjes kan men extra lampjes gebruiken.

De beschreven schakeling is uitgerust met halfgeleidend lampjes, lichtgevende dioden, maar men kan door het aanbrengen van enige extra onderdelen ook gloeilampjes, die veel meer licht uitstralen, sturen. Lichtgevende dioden, ofwel LED's, zijn verkrijgbaar in een aantal kleuren: rood, geel, oranje en groen, terwijl blauwe exemplaren in ontwikkeling zijn. Men zou zelfs door het menselijke oog niet waar te nemen infrarode LED's kunnen gebruiken en de schakeling toepassen in infrarode afstandsbesturingen.

Schemabeschrijving

De schakeling, getekend in afbeelding 6.1, is opgebouwd rond een zogenaamde J-K flipflop. De LED's zijn rechtstreeks verbonden met de twee uitgangen van de schakeling, Q en Q-niet. Zoals bij elke flipflop zullen de signalen op beide uitgangen steeds elkaars inverse zijn: is de ene Q-uitgang "H" dan is de andere Q-niet uitgang "L" en omgekeerd. Omdat de LED's rechtstreeks met deze uitgangen zijn verbonden zal een LED licht uitstralen als de uitgang waarop hij is aangesloten "L" is. Er vloeit dan immers uit de +5 volt voeding een stroom door de diode naar de lage uitgang en de



Afb. 6.1. Het schema van de lampbesturing.

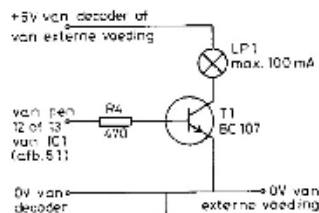
LED licht op. Als de uitgang "H" is, dan staat er ongeveer +5 volt op de aansluiting, er valt geen spanning over de LED en deze is gedoofd.

Een J-K flipflop heeft een groot aantal hulpingen. In deze schakeling liggen deze allemaal aan de +5 volt. Het gevolg is dat de flipflop omklapt telkens als er een puls op de clockingang wordt aangelegd. Bij het verschijnen van een clockpuls zal de brandende LED doven en de gedoofde LED gaan branden.

Men kan de schakeling natuurlijk ook met slechts één LED uitrusten. Dan zal deze LED afwisselend aan en uit gestuurd worden bij het achtereenvolgens activeren van de geadresseerde uitgang die met de clockingang is verbonden.

Uit de bespreking van de werking van de schakeling zal duidelijk zijn dat de flipflop omklapt bij het aanleggen van een smalle puls op de clockingang. Het is dus noodzakelijk de geactiveerde geadresseerde ingang onmiddellijk weer te deactiveren. Doet men dit niet, dan blijft de geadresseerde ingang "L" en de clock reageert niet op een constant signaal, maar alleen op een smalle puls.

Vereist de toepassing van de schakeling meer licht, dan kan men gloeilampjes op de uitgangen van het IC aansluiten met tussenschakeling van transistorversterkers, zoals getekend in afbeelding 6.2. Omdat een transistor het signaal invertteert zal de lamp nu gaan branden als de uitgang van de flipflop "H" is. Op dat moment wordt er immers basisstroom naar de transistor gestuurd. De halfgeleider gaat geleiden en het lampje wordt doorlopen



Afb. 6.2. Uitbreiding van de schakeling met een stroomversterker als men de LED's door gloeilampjes wil vervangen.

door de collectorstroom en gaat branden. Er zijn beperkingen aan zowel de brandspanning als aan het maximale vermogen van de te gebruiken lampjes. Men kan kleine 6,3 volt lampjes toepassen, die rechtstreeks uit de +5 volt voedingsspanning van de decoder gevoed kunnen worden. Heeft men lampjes met een hogere brandspanning ter beschikking, dan moet men een afzonderlijke voeding toepassen, die gelijkspanning moet leveren. Men kan echter niet hoger gaan dan 25 volt, want hogere spanningen kunnen de transistoren beschadigen. De transistoren kunnen bovendien niet meer dan ongeveer 100 milli ampère stroom verdragen. Bij gebruik van 6,3 volt lampjes is men dus gehouden aan een maximaal vermogen van: $6,3V \times 0,1A = 0,63$ watt.

Voor 24 volt lampjes wordt het maximale vermogen: $24V \times 0,1A = 2,4$ watt.

Het SN 7473 IC bevat twee identieke J-K flip-flop's. De aansluitingen van de tweede schakeling zijn tussen haakjes in het schema van afbeelding 6.1 opgenomen. Men kan de capaciteit van de schakeling dus gemakkelijk verdubbelen door de twee clockingangen van de flipflop's parallel te schakelen en twee nieuwe LED's op de uitgangen van de tweede schakeling aan te sluiten. Ook zou men de clockingang van de tweede flipflop kunnen verbinden met een tweede geadresseerde uitgang, waardoor beide systemen hardwarematig onafhankelijk van elkaar werken en softwarematig afzonderlijk aangestuurd kunnen worden.

Bouw van de schakeling

De schakeling neemt zo weinig plaats in dat het goed mogelijk is de elektronica rechtstreeks in te bouwen in bijvoorbeeld een modelrobot of seinwachtershuisje. Wil men het project voor algemeen gebruik nabouwen, dan kan men de paar elektronische onderdelen in een heel erg klein plastic kastje inbouwen, dat door middel van de nu reeds beoemde driaderige kabel met de decoder wordt verbonden. Als het de bedoeling is LED's of gloeilampjes op enige afstand van de computer te plaatsen doet men er goed aan de dubbele flipflop zo dicht mogelijk bij de decoder te zetten en de lampjes met twee lange draadjes met de elektronica te verbinden.

Het is in het algemeen niet zo verstandig gevoelige lijnen, zoals de data-lijnen van de computer of de geadresseerde uitgangen, langer te maken dan

strikt noodzakelijk is. Lange leidingen kunnen allerlei stoorpulsen uit de omgeving oppikken, bijvoorbeeld storingen die ontstaan bij het inschakelen van een koelkast of wasmachine en deze storingen kunnen de inhoud van het computergeheugen of volledig wissen of gedeeltelijk verminderen met alle kwalijke gevolgen van dien.

Denk er aan dat LED's gepolariseerde onderdelen zijn: men kan niet ongestraft de anode- en kathode aansluitingen verwisselen.

Testen van de schakeling

De schakeling is zo eenvoudig dat er nauwelijks iets kan mis gaan. Kijk voor de zekerheid even na of er geen kortsluitingen zijn ontstaan tussen de drie adertjes van de kabel waarmee het printje met de decoder wordt verbonden. Verbind daarna deze kabel met één van de geadresseerde uitgangconnectoren van de decoderprint en schakel de voeding en de computer in. Eén van LED's moet nu gaan branden, al valt niet van te voren te voorspellen welke dat zal zijn. Trigger vervolgens op de bekende manier de geselecteerde geadresseerde uitgang. De brandende LED moet doven en de gedoofde moet gaan branden. Dit verschijnsel moet zich herhalen telkens als men het programma laat lopen.

Programmeren van het knipperlicht

Onderstaand programma voor de VIC-20 zal de schakeling tien maal activeren:

```
10 POKE 37138,240
20 FOR J = 1 TO 20
30 POKE 37136,16
40 FOR K = 1 TO 1000:NEXT
50 NEXT
```

Dit programma maakt gebruik van geadresseerde uitgang nummer 1. Pas desgewenst de POKE-code in regel 30 aan.

Uit de samenvatting aan het slot van de inleiding van dit boek kan men de betreffende programma's voor de andere computers afleiden.

Men kan met deze schakeling nog veel meer doen dan alleen maar de LED's aan het knipperen brengen. Men kan bijvoorbeeld de snelheid waarmee de lichtjes knipperen als indicatie voor verschillende gebeurtenissen gebruiken. Het enige dat moet gebeuren is het aanpassen van de maximale

waarde in de "lege" FOR NEXT-lus van regel 40.

Een interessante uitdaging is een soort morsesdecoder te ontwerpen. Men toetst een bepaalde tekst in

via het toetsenbord, na het indrukken van RETURN gaat de computer automatisch de boodschap omzetten in morsecode en door middel van één van de LED's zichtbaar maken.

Onderdelenlijst project 6

Weerstanden:

R 1 150 ohm, 1/4 watt
R 2 150 ohm, 1/4 watt
R 3 1 kilo ohm, 1/4 watt

Halfgeleiders:

D 1 TIL 209, rode LED
D 2 TIL 209, rode LED

Geïntegreerde schakeling:

IC 1 SN7473, tweevoudige type-JK flipflop
(standaard type, dus geen low-power Schottky)

Diversen:

1 x 14-pens IC-voetje
7 x soldeerlipje
1 x driepolige stekker

Lichtpen

Ongetwijfeld heeft u wel eens iemand op de tv of in een of andere computeruitzending bezig gezien met een lichtpen. Was het niet om rechtstreeks prentjes op het scherm van de monitor te tekenen, dan was het ongetwijfeld om te demonstreren hoe men, door met de lichtpen naar bepaalde instructies op het scherm te wijzen, de computer een of andere opdracht kan laten uitvoeren.

Een lichtpen is een van de meest nuttige hardware uitbreidingen voor een huiscomputer. Men zou het idee van de lichtpen gestuurde programma's bijvoorbeeld zelf kunnen gaan toepassen in educatieve programma's. Kinderen hebben, en dat is reeds vaak bewezen, moeite met het lezen van teksten op het scherm. Bij een rekenprogramma zou men bijvoorbeeld drie antwoorden op de vraag op het scherm kunnen laten zien: twee foute en het goede. In plaats van moeizaam het juiste antwoord in te toetsen hoeft men nu alleen even met de lichtpen het juiste antwoord op het beeldscherm aan te raken. Daarnaast zijn lichtpennen ideale hulpmiddelen om niet op de computer getrainde mensen over hun drempelvrees heen te helpen. Voor dat soort gebruikers is het bedienen van een toetsenbord moeilijk en verwarrend, zeker bij de moderne computers met hun tientallen toetsen. Men kan, als men over een lichtpen beschikt, programma's ontwerpen waarbij de opdrachten die de computer moet uitvoeren niet door middel van toetsdrukken worden ingevoerd, maar door de gewenste opdracht op het scherm met de pen aan te raken. Men zou zelfs spelletjes kunnen ontwerpen waarbij gebruik wordt gemaakt van de lichtpen. In de praktijk zal blijken dat men veel sneller op situaties kan reageren door met de pen bepaalde punten op het scherm aan te raken dan door het drukken van (meestal toch even op te zoeken) toetsen.

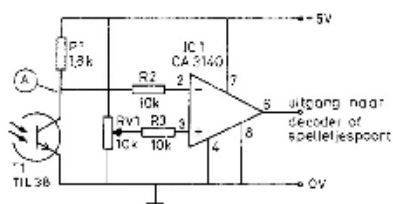
Schemabeschrijving

Een lichtpen zelf straalt, zoals de naam wel doet vermoeden, geen licht uit maar vangt het door het scherm uitgestraalde licht op. In de punt van de pen is een lichtgevoelig onderdeel verborgen, meestal een fototransistor, voorzien van een klein lensje. Drukt men de pen tegen het scherm, dan zal

dat lensje het door het scherm uitgestraalde licht op het gevoelige oppervlak van de transistor bundelen waardoor dit onderdeel gaat geleiden.

In het schema van afbeelding 7.1 is de fototransistor, een TIL38, samen met een belastingsweerstand R1 opgenomen tussen de +5 volt voeding en de massa. De spanning op punt A wordt in de operationele versterker (IC1) vergeleken met een referentiespanning, die kan worden ingesteld door het verdraaien van de looper van de instelpotentiometer RV1. De operationele versterker, ook wel opamp genoemd, reageert zeer gevoelig op kleine spanningsverschillen tussen beide ingangen. Als de spanning op punt A iets groter wordt dan de spanning op de looper van de potentiometer, dan zal de uitgangsspanning onmiddellijk terugvallen naar een niveau dat ongeveer gelijk is aan 0 volt. Als daarentegen de spanning op punt A iets kleiner is dan de spanning die door de potentiometer aan de opamp wordt geleverd, dan zal de uitgang gelijk worden aan de voedingsspanning. De spanning op punt A is omgekeerd evenredig met de hoeveelheid licht die op de fototransistor valt. Hoe meer licht er wordt ontvangen, hoe meer dit onderdeel gaat geleiden. De collectorstroom neemt hierdoor toe, de spanningsval over de weerstand R1 stijgt en dus wordt de spanning op punt A, die gelijk is aan het verschil tussen de voedingsspanning en de spanningsval over de weerstand, lager.

In de praktijk betekent dit dat de schakeling een "H" levert als de fototransistor door een grote hoeveelheid licht wordt getroffen en een "L" als de pen naar een zwart of donkergrijs gedeelte van het scherm wijst. De grijstint waar van "L" naar



Afb. 7.1. Het schema van de lichtpen. De basis van de fototransistor T1 wordt niet aangesloten.

"H" wordt omgeschakeld kan worden ingesteld met behulp van de potentiometer RV1.

De opamp levert een signaal dat zonder verdere voorbereiding aan één van de datalijnen van de computer kan worden aangeboden. De uitgang van de schakeling kan dus rechtstreeks aan één van de databuffers van de decoder worden aangesloten.

Bouw van de schakeling

Op de fototransistor T1 na worden alle onderdelen op een klein stukje gaatjesboard aangebracht. Men kan dit plaatje in een kunststoffen kastje onderbrengen dat door middel van een drieaderig kabeltje met de decoder wordt verbonden. De drie aders van deze kabel worden aangesloten op de massa, de +5 volt voeding en één van de data ingangen. De potentiometer RV1 behoeft slechts zelden te worden bijgesteld en men kan dan ook volstaan met een instelpotentiometer op het montageplaatje te solderen en in het kastje op de juiste plaats een gaatje te boren, zodat men RV1 af en toe met een kleine schroevendraaier kan bijregelen.

De lichtpen zelf kan volgens afbeelding 7.2 worden samengesteld uit de fototransistor en een stukje niet licht doorlatende kunststof pijp. Ideaal is bijvoorbeeld de houder van een viltstift met een diameter van ongeveer 7 mm. Men kan de fototransistor in deze houder vastlijmen, maar moet natuurlijk eerst de collector en de emitter vastsolde- ren aan twee, verschillend gekleurde, draadjes. Isoleer de blanke aansluitdraadjes en de soldeerlas- sen met isolatieband, zodat er bij de montage geen kortsluiting kan ontstaan. De lens van de fototran- sistor moet op ongeveer 30 mm van het gaatje aan de voorzijde van de houder zitten. Maak, als trek- ontlasting, een knoop in de draadjes en voer ze door een klein gaatje, geboord in de achterzijde van de stift. Het prototype is ingebouwd in de hou- der van een zwarte viltstift. Gebruikt men een an-

dere kleur dan is het aan te raden de binnenzijde eerst zwart te maken, zodat het omgevingslicht niet naar binnen kan dringen. Gebruikt men een meta- len houder, dan moet men de voorzijde met plak- band omwikkelen en deze daarna zo afsnijden, dat de rand iets buiten de pen uitsteekt. Doet men dat niet, dan bestaat het gevaar dat er krassen op de beeldbuis ontstaan als men de metalen punt van de pen over het scherm beweegt.

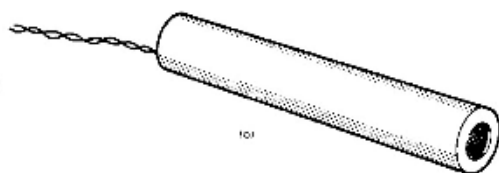
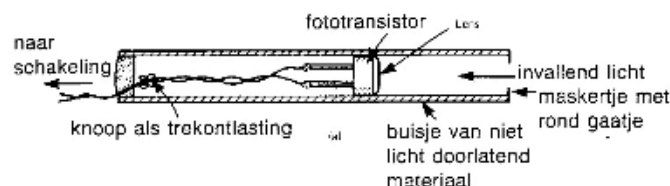
De draad tussen pen en schakeling kan ongeveer 1 meter lang zijn, hetgeen meer dan voldoende is om de pen zonder hinder van de schakeling over het scherm te kunnen bewegen.

Gebruik van de schakeling

In combinatie met de VIC-20 kan men de schake- ling aansluiten op de spelletjespoort met de reeds eerder in dit boek beschreven negenpolige type-D connector. De +5 volt en de massa worden aan- gesloten op de pennen 7 en 8 (zie afbeelding 3.3), de data uitgang gaat naar pen 6. Men kan vervol- gens de lichtpen volledig onafhankelijk van de de- coder en de op deze schakeling aangesloten uitbrei- dingen gebruiken.

De in de computer aanwezige videointerface- schakeling slaat de gegevens over de plaats van de lichtstip op de beeldbuis op in het zogenoemde "light pen register". Dit register wordt ingelezen op het moment dat de lichtpen de stip detecteert en via de data uitgang een "L" naar de computer stuurt. De X- en Y-coördinaten worden opgeslagen in twee adressen: adres 36870 slaat de horizontale coördinaat op, adres 36871 bevat de verticale waarde. De in het register opgeslagen waarden stij- gen als de lichtstip van links naar rechts en van bo- ven naar onder over het scherm beweegt. De gege-vens kunnen op de bekende manier uit het register worden opgevraagd en blijven bewaard tot er een nieuwe lage puls op de data ingang verschijnt. Uit de twee getallen in de genoemde adressen kan men dus exact de plaats afleiden waar de pen zich op het scherm bevindt.

Afb. 7.2. Montage van de fototransistor in een hol pijp- je, bijvoorbeeld de huls van een viltstift; a - tekening van de doorsnede; b - de ingebouwde fototransistor klaar voor gebruik.



Het testprogramma voor de VIC-20 luidt:

```
10 PRINT "■"  
20 PRINT PEEK(36870);PEEK(36871)  
30 FOR J=1 TO 100:NEXT  
40 GOTO 10
```

Dit programma PRINT de inhoud van beide adressen op het scherm, wacht dan even zodat men de gegevens kan aflezen, wist het scherm en herhaalt de procedure. Verbind de lichtpen met de spelletjespoort, toets het programma in en RUN. Plaats de lichtpen op het scherm. De punt van de pen hoeft niet op het scherm te rusten, de schakeling werkt dankzij de ingebouwde lens nog goed tot een afstand van ongeveer 5 cm tussen scherm en pen. Er verschijnen twee getallen in de linker bovenhoek van het scherm. Plaats de pen op de bovenzijde van de scherm en vervolgens op de onderzijde. Het tweede getal (de Y-coördinaat) moet nu wijzigen. De eerste uitlezing moet ongeveer 40 bedragen, de tweede ongeveer 125. Verplaats de pen nu in een trage vloeiende beweging van boven naar onder. De waarde van Y moet langzaam stijgen van 40 tot 125. Gebeurt er echter bij deze experimenten helemaal niets, dan kan het zijn dat de gevoeligheid van de pen niet goed is ingesteld. Verdraai met een schroevendraaiertje de instelpotentiometer RV1 tot de resultaten overeen komen met wat hiervoor is beschreven.

Verplaats vervolgens de pen van links naar rechts over het scherm. Nu moet het eerste getal veranderen en wel van ongeveer 60 (links) tot ongeveer 140 (rechts). Men zal opmerken dat de computer in deze horizontale richting veel sneller reageert op wijzigingen van de penpositie dan in de andere richting. Dit is normaal en een gevolg van de manier waarop de lichtstip over het scherm wordt gestuurd. Het duurt namelijk 1/25 seconde alvorens de lichtstip alle punten van het beeldscherm in verticale richting heeft afgetast, terwijl het daarentegen slechts 64 miljoenste van een seconde duurt om alle punten op een horizontale lijn af te tasten. Een gevolg van dit verschijnsel is dat vertragingen in een BASIC-programma (zoals men weet is BASIC een relatief trage taal) tot gevolg kunnen hebben dat er grote fouten ontstaan in de uitgelezen horizontale positie van de lichtstip. Als men de pen in horizontale richting van het ene naar het andere punt verplaatst kan het best voorkomen dat de lage

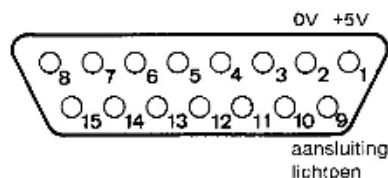
puls op de datalijn, die daarvan het gevolg is, al verdwenen is alvorens de computer de BASIC-instructies heeft uitgevoerd die nodig zijn voor het uitlezen van de nieuwe X-waarde in het register. Er zijn maar twee oplossingen voor dit probleem:
- *Gebruik zo min mogelijk de horizontale penpositie in programma's.*

- *Is dit om de een of andere reden niet te vermijden (bijvoorbeeld bij het schrijven van een tekenprogramma), gebruik dan de aan het slot van dit hoofdstuk beschreven wiskundige middelingstechnieken voor het verkrijgen van een stabiele X-waarde.*

Men kan vaak door alleen gebruik te maken van de niet zo problematische verticale uitlezing toch de gewenste resultaten verkrijgen, waarbij de gewenste functies worden geselecteerd door met de lichtpen bepaalde schermplaatsen aan te tippen. Men kan alleen de verticale waarde uitlezen en deze in het programma gebruiken voor het selecteren van de subroutines. Wij komen daar verder in dit hoofdstuk op terug.

Bij de Commodore 64 kan men de lichtpen aansluiten op dezelfde manier als beschreven voor de VIC-20. Men kan echter alleen gebruik maken van de eerste controlepoort. Ook het testprogramma is identiek, maar de adressen van het videoregister zitten op een andere plaats: 53267 voor X en 53268 voor Y.

Bij de BBC computer kan men de schakeling verbinden met de analoge ingangspoort. Daarvoor is een 15-polige type-D connector noodzakelijk, die moet bedraad worden volgens afbeelding 7.4. Het testprogramma is echter veel ingewikkelder. Het probleem is namelijk dat de in deze computer gebruikte vidocchip (een 6845 CRT-controller) de positie van de lichtstraal als één enkel getal opslaat in twee registers, namelijk R16 (hex &10) en R17



Afb. 7.4. Aansluitgegevens voor het verbinden van de lichtpen met de analoge ingangspoort van de BBC-computer.

(hex &11). De inhoud van registers R16 moet met 256 worden vermenigvuldigd en worden opgeteld bij de inhoud van het tweede register. Bovendien kan men niet zomaar zonder meer de inhoud van deze registers uitlezen. Eerst moet men het registernummer inlezen in het adresregister van de chip. Dit register woont op adres &FE00. Later kan men de inhoud uit de registerfile lezen op adres &FE01. Beide adressen liggen in het Sheila-gebied, men kan dus het best gebruik maken van de OSBYTE-routines.

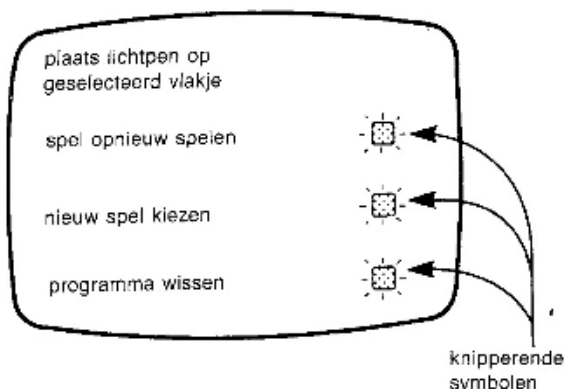
Men kan al deze acties onderbrengen in een procedure, die er als volgt zou kunnen uitzien:

```
500 DEF PROCpen
510 A% = &97:X% = 0:Y% = &10
520 CALL&FFF4
530 A% = &96:X% = 1
540 X = (USR(&FFF4)AND&FF0000)/&100
550 A% = &97:X% = 0:Y% = &11
560 CALL&FFF4
570 A% = &96:X% = 1
580 X = X + (USR(&FFF4)AND&FF0000)/&
100000
590 ENDPROC
```

Deze procedure kan in een testprogramma worden aangeroepen:

```
10 CLS
20 PROCpen
30 PRINT X
40 FOR J = 1 TO 200: NEXT
50 GOTO 10
```

Indien u beschikt over een computer uit de A-serie met alleen maar de gebruikerspoortuitbreiding (dus zonder de analoge poortuitbreiding) dan kan de lichtpen toch worden gebruikt. Wel moet men dan een beroep doen op de decoder als tussenstation. De lichtpen wordt verbonden met de data ingang van de decoder en de gegevens worden op de gebruikelijke manier via poort B ingelezen (zie inleiding). Bij model A kan men echter de schermpositie niet uit het een of andere register afleiden. Men moet dus daarvoor een softwarebenadering kiezen. Het algemene principe achter dergelijke programma's is dat men eerst enige schermlocaties kiest, die met de lichtpen moeten worden aangewe-



Afb. 7.3. Scherm lay-out bij gebruik van de lichtpen voor het maken van menukeuzes. De verschillende aanwijzingsblokjes moeten één voor één oplichten en doven.

zen. Vervolgens wordt het programma zo geschreven dat deze locaties een voor een wit en zwart oplichten. Na elke instructie die een van de geselecteerde locaties wit laat oplichten wordt de procedure aangeroepen waarmee men de waarde die de lichtpen levert inleest. Is deze waarde "L" dan kan men er zeker van zijn dat de pen op het lichte vlekje gericht is. Dat is op dat moment immers het enige deel van het scherm dat wit oplicht. Hierna wordt dit vlekje zwart gestuurd, het volgende vlekje wit aangestuurd, de penprocedure aangeroepen, en zo verder. Het moment waarop de datalijn van pen "L" wordt definiëert het vlekje dat door de pen wordt aangewezen en men kan deze informatie gebruiken om de computer naar een bepaalde subroutine of procedure te sturen.

Voor het toepassen van de lichtpen bij de Acorn Electron verwijzen wij naar Appendix B, achterin dit boek.

Programma's voor het werken met de lichtpen

Zoals reeds gezegd is het grootste probleem bij het toepassen van de pen bij de VIC-20 of de Commodore 64 de niet stabiele uitlezing van de horizontale X-positie. Zelfs als men de pen stil houdt zal men vaststellen dat de uitgelezen waarde toch nog varieert. Dit wordt veroorzaakt door de veel te grote verhouding tussen de snelheid waarmee één lijn van het beeld door de lichtstip wordt doorlopen en de snelheid waarmee de computer de BASIC-instructies uitvoert.

Het onderstaande programma geeft een voorbeeld hoe men dit probleem kan omzeilen door bij pen-gestuurde selectieprocedures alleen gebruik te maken van de veel stabielere verticale penpositie. Het programma gaat er van uit dat de pen moet worden gericht op de schermregels 3, 7, 11 en 15. Uit experimenten is gebleken dat de decimale inhoud van het verticale register voor deze lijnen gelijk is aan respectievelijk 52, 66, 83 en 96. Om de ook in deze richting optredende spreiding op te vangen wordt gebruik gemaakt van AND-vergelijkingen, waarin de waarde van Y wordt vergeleken met de getallen die twee eenheden groter en twee eenheden kleiner zijn dan de te verwachten waarde.

```
200 Y=PEEK(36871)
210 PRINT"AT";"PLAATS PEN OP GE
SELECTEERD VAKJE"
220 PRINT"Q":PRINTTAB(5)"1 - LEES
EEN BESTAND IN"
230 PRINT"QQ":PRINTTAB(5)"2 - INITI
ALISEER EEN NIEUW BESTAND"
240 PRINT"QQ":PRINTTAB(5)"3 - WIS
BESTAAND BESTAND"
250 PRINT"QQ":PRINTTAB(5)"4 - BE
STAND NAAR FLOPPY-DISK"
260 IF ABS(PEEK(36871)-Y)<5 THEN 260
270 Y = PEEK(36871)
280 IF Y>50 AND Y<54 THEN 1000
290 IF Y>64 AND Y<68 THEN 2000
300 IF Y>81 AND Y<85 THEN 3000
310 IF Y>94 AND Y<98 THEN 3000
320 GOTO 270
```

Het programma gaat er bovendien van uit dat de vier door de pen gemaakte selecties zijn ondergebracht in vier routines die starten op de regels 1000, 2000, 3000 en 4000. De eerste PEEK van regel 200 leest de waarde van Y uit op het moment dat de pen nog niet in positie is. De waarde die na deze PEEK aan de variabele Y wordt toegekend is willekeurig en waarschijnlijk gelijk aan de verticale positie van de laatste keer dat men de pen naar het scherm heeft gericht.

Vervolgens wordt het menu op het scherm geschreven (regels 210 tot en met 250). De computer blijft in regel 260 steken tot er een belangrijke wijziging optreedt in de waarde van Y. Men is er nu zeker

van dat men de pen op een bepaalde plaats van het scherm heeft gericht (als men de pen niet op het scherm richt zal er nooit een lage puls op de data uitgang verschijnen, het veranderen van de Y-waarde gebeurt alleen na een lage puls op de data uitgang van de pen). In de volgende regels onderzoekt de computer of deze plaats gelijk is aan één van de vier voorziene plaatsen. Is dat niet het geval dan stuurt regel 320 de computer terug naar het begin van de aftastroutine (regel 270). Is de in Y opgeslagen waarde echter ongeveer gelijk aan één van de experimenteel gevonden getallen, dan stuurt één van de regels 280 tot en met 310 de computer naar de bijbehorende routine.

Het is een goede gewoonte een menupagina niet te overladen. Heeft men een zeer ingewikkeld programma, dan doet men er goed aan de verschillende functies onder te brengen in een aantal logische groepen. Men start dan het programma met een hoofdselectie waar de gebruiker door het aantippen van één van de opties één van de functiegroepen kan kiezen. Elke subroutine start met een nieuw menu, waar de gebruiker nu de gewenste functie kan aantippen.

Op deze manier creëert men zeer gebruikersvriendelijke programma's en zeker bij het gebruik van een lichtpen voor het maken van de keuzes is dit systeem aan te bevelen. Vergeet immers niet dat ook de verticale positie enige spreiding vertoont en dat de selectieregels dus minstens vier schermlijnen uit elkaar moeten staan om de spreiding op elke penpositie te kunnen opvangen.

Het zal duidelijk zijn dat een lichtpen nog meer nuttige toepassingen heeft. Men zou er bijvoorbeeld programma's mee kunnen ontwerpen, die het gehandicapte of motorisch gestoorde mensen mogelijk maakt om toch van de computer gebruik te maken. Een heleboel motorisch gestoorde patiënten zijn wel in staat een pen naar een bepaalde plek op het scherm te richten, maar zijn niet in staat de relatief kleine toetsen van een met toetsen overladen toetsenbord te bedienen.

Men zou bijvoorbeeld een programma kunnen schrijven waarmee deze patiënten in staat worden gesteld om met de buitenwereld te communiceren: een eenvoudige tekstverwerker, waarbij de selectie van de letters wordt gemaakt door de letter met de lichtpen op het scherm aan te wijzen. Men zou het systeem zelfs zo kunnen perfectioneren, dat de

computer samenwerkt met een modem en dat mensen die niet kunnen praten via lichtpen, beeldscherm, computer, modem en telefoon kunnen communiceren met een soortgelijk elders opgesteld systeem.

Het voorbeeldprogramma kan vrij eenvoudig worden aangepast aan de BBC en de Commodore 64. Wegens de grote schermresolutie van de BBC moet men echter een grotere spreiding op de als goed te accepteren Y-waarden inbouwen.

Lichtpennen zijn natuurlijk voorbestemd om ze te gebruiken in allerlei grafische programma's. Het probleem is dat we dan niet meer ontsnappen aan het gebruik van de X-coördinaat. Zoals reeds eerder opgemerkt zit er een zeer grote spreiding op de door de computer uitgelezen X-waarden. Deze spreiding is zo groot dat wij de X-waarden niet zonder meer in programma's voor een lichtpen kunnen verwerken om rechtstreeks op het scherm te tekenen. Gelukkig bestaan er een aantal wiskundige trucjes, afgeleid van de statistiek, waarmee wij in staat zijn de gemiddelde waarde van een aantal achtereenvolgende uitlezingen te berekenen en deze gemiddelde waarde vervolgens te gebruiken voor het tekenen van een punt op de door de pen aangewezen schermpositie.

Een van de meest eenvoudige statistische middelstechnieken staat bekend onder de naam van "digitale filtering" en wij zullen deze techniek aan de hand van onderstaande routine bespreken.

```
10 XX = PEEK(36870)
20 DX = XX - X
30 X = X + INT(DX/5)
40 PRINT X
50 GOTO 10
```

Deze routine is geschreven voor de VIC-20 maar kan zeer eenvoudig naar de andere computers worden omgeschreven.

Wie interesse heeft in de wiskundige en theoretische achtergronden van deze techniek wordt verwezen naar het engstalige boek "Real Time Programming: Neglected Topics", geschreven door C.C. Foster en uitgegeven door Addison Wesley. Het voorbeeld beschrijft het programma in de vorm van een zichzelf repeterende lus, maar daar het waarschijnlijk is dat zo'n hulpprogramma di-

verse malen uit een hoofdprogramma ter hulp wordt geroepen, kan men het in de praktijk beter in de vorm van een GOSUB-routine schrijven die in het hoofdprogramma door middel van een FOR ... NEXT-lus een aantal malen achter elkaar wordt aangeroepen. In regel 10 wordt de waarde van de X-positie ingelezen in de variabele XX. In de volgende regel wordt het verschil berekend tussen de nieuwe waarde van de horizontale positie (XX) en de vorige waarde (X). De variabele DX is dus gelijk aan de afwijking of spreiding tussen twee opeenvolgende uitlezingen van de horizontale positie. Hierna wordt in regel 30 de oude waarde X aangepast en wel door er een vijfde deel van de deviatie bij op te tellen. Elke afwijking wordt door vijf gedeeld en het resultaat van deze bewerking is dat de waarde van X steeds minder varieert tussen de opeenvolgende uitlezingen. Daar men er bovendien statistisch gezien zeker van kan zijn dat een positieve afwijking meestal opgevolgd wordt door een negatieve, zal de waarde van DX de ene keer positief en de volgende keer negatief zijn. De deviaties heffen elkaar op, waardoor de waarde van X nog stabielere wordt.

Deze theorie gaat echter alleen op als men de pen stil houdt op een bepaalde plaats op het scherm. Verplaatst men de pen, dan zal DX altijd positief of negatief zijn, afhankelijk van de richting waarin men de pen verplaatst. Er ontstaat een cumulatief effect, waardoor de waarde van X achterloopt op de momentele schermpositie van de pen.

Gelukkig kunnen we dit verschil reduceren door de deelfactor in regel 30 kleiner te maken. Het verkleinen van deze factor heeft echter tot nadelig gevolg dat de deviaties op de uitlezing veel minder gemiddeld worden en de waarde van X veel meer gaat fluctueren. Men zal dus een compromis moeten zoeken tussen minimale fluctuatie en minimale reactietijd. De meest geschikte waarde voor de deel- of middelingsfactor is afhankelijk van de toepassing en moet experimenteel worden bepaald.

Een tweede systeem om de fluctuatie op de horizontale coördinaat te verminderen is het invoeren van een constante vertragingfactor, die men van de uitlezing van X aftrekt. Zoals reeds gezegd ontstaan de problemen doordat de positie in horizontale zin uiterst snel wordt bereikt en de BASIC-statements een bepaalde tijd nodig hebben om uitgevoerd te worden. Door deze traagheid in het uitvoeren van de instructies zal de waarde van X vrijwel steeds te groot zijn. Door nu die constante fac-

tor van de uitlezing af te trekken kan men een vertragingcorrectie invoeren. Men kan hiervoor het best een speciale variabele reserveren, waarvan de waarde experimenteel van programma tot programma wordt bepaald. Deze laatste techniek kan men overigens bij alle computers toepassen, want natuurlijk hebben niet alleen de computers waarover dit boek gaat last van deze BASICtraagheid.

Door het toepassen van de wiskundige middelings-techniek en het invoeren van een vertragingconstante kan men de horizontale penpositie toch redelijk nauwkeurig en stabiel uitlezen. Men kan hierna de waarden van X en Y omzetten in schermposities (regel- en kolomnummers), TAB-waarden of hoge-resolutie coördinaten en deze gegevens gebruiken om daar waar de pen op het scherm rust iets te PRINT-en of te tekenen.

Onderdelenlijst project 7

Instelpotentiometer:

RV 1 10 kilo ohm

Weerstanden:

R 1 1,8 kilo ohm, 1/4 watt

R 2 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 3 10 kilo ohm, 1/4 watt

Halfgeleider:

T 1 TIL 38 fototransistor

Geïntegreerde schakeling:

IC 1 CA3140, operationele versterker

Diversen:

1 x 8-pens IC-voetje

5 x soldeerlipje

1 x 9-polige type-D connector (voor Comm.64 en VIC-20) of 15-polige steker (voor BBC)

1 x driepolige steker

Magnetisch slot

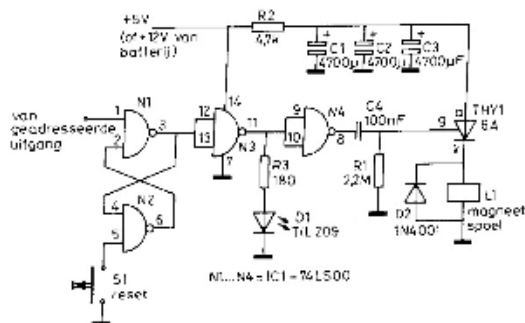
Met deze schakeling kan men een zware elektromagneet bekrachtigen, bijvoorbeeld voor het openen van een deur, het bouwen van een automatisch voedsysteem voor het aquarium of het 's morgens vroeg automatisch openen van katteluikjes. De schakeling werkt eenmalig: men moet het systeem "op scherp zetten" door met de hand een reset-druknop te bedienen. Daarna kan men de schakeling met de computer activeren. De schakeling blijft dan in deze stand totdat men de reset-knop weer heeft ingedrukt.

Het slot heeft tal van toepassingen, waarvan de meest voor de hand liggende reeds zijn genoemd. Maar wat te denken van een combinatie van deze schakeling met de verder in dit boek beschreven temperatuurmeter? Men zou er de luiken van een plantenkas automatisch mee kunnen openen op het moment dat de temperatuur in de kas een bepaalde gevaarlijke waarde overschrijdt.

Op dezelfde manier kan men het magnetische slot laten samenwerken met project 17, de zonlichtmeter, om de luiken van onze kas te sluiten bij teveel zonlicht.

Schemabeschrijving

Het schema van afbeelding 8.1 stuurt een korte stroomstoot door de windingen van de elektromagneet. In de spoel zit een weekijzeren kern. De korte stroomstoot bouwt een sterk magnetisch veld op in de spoel en de ijzeren kern wordt met grote kracht



Afb. 8.1. Het volledige schema van het magnetische slot.

in de magneet getrokken. De mechanische beweging van de kern kan worden overgebracht naar een deurmechaniek, een palletje dat een zonnescherm in opgerolde toestand vasthoudt, een gespannen veer en alles wat men maar aan mechanische bewegingssystemen kan verzinnen.

Een probleem bij het via elektromagnetische weg opwekken van grote mechanische krachten is dat de daarvoor noodzakelijke elektromagneten een zeer lage inwendige weerstand hebben. Sluit men een spanning over de spoel aan, dan zal er een zeer grote stroom door de magneet gaan vloeien. Niet alleen is dat problematisch wegens de noodzaak van het gebruik van een groot voedingsapparaat, de elektromagneet zou door de hoge stroom vrij snel heet worden en, als de stroom te lang blijft vloeien, onherroepelijk verbranden.

Het eerste probleem wordt opgelost door enkele zeer grote elektrolytische condensatoren (C1 tot en met C3) als een soort spanningsreservoir te gebruiken. Deze onderdelen worden via de kleine weerstand R2 opgeladen tot de beschikbare voedingsspanning en zullen bij het bekrachtigen van de schakeling een korte maar zeer grote stroom aan de spoel leveren. Nadat de condensatoren ontladen zijn, ontstaat er een spanningsverdeling tussen de weerstand R2 en de zeer lage weerstand van de spoel. Hetgeen tot gevolg heeft dat zowat de volledige voedingsspanning over de weerstand valt en er slechts een fractie overblijft voor de spoel. Deze spanningsverdeling heeft, zoals wij dadelijk zullen bespreken, het grote voordeel dat de stroom door de spoel onmiddellijk nadat de condensatoren zijn ontladen wordt uitgeschakeld en het gevaar van verbrande wikkelingen automatisch bezworen wordt.

Een bijkomstig voordeel van dit voedingssysteem is dat de schakeling rechtstreeks uit de computer of decodervoeding gevoed kan worden. In rust laden de condensatoren C1 tot en met C3 zich uit de voeding op via de weerstand R1 en het is de waarde van deze weerstand die de maximale stroom bepaalt. Men kan deze weerstand zo aanpassen dat de beschikbare voeding nooit overbelast kan worden. Nadat de condensatoren zijn opgeladen valt

de stroom die de schakeling trekt terug tot vrijwel nul. Alleen de zeer kleine lekstroom van de elco's wordt door de voeding geleverd.

De spanning over de condensatoren gaat niet rechtstreeks naar de spoel maar via een thyristor THY1. Dit onderdeel geleidt normaliter geen stroom. Men kan de thyristor open sturen door een korte positieve puls op de hulpelektrode, de gate, te leggen. Het gebruik van een thyristor als schakel-element heeft een aantal voordelen boven het toepassen van een transistor. Op de eerste plaats is de piekstroom zeer groot: enkele tientallen ampère. Weliswaar vloeit deze stroom slechts gedurende een fractie van een seconde, de meeste transistoren zouden hierdoor zeker defect raken. Thyristoren zijn speciaal ontwikkeld voor het gedurende een korte tijd geleiden van zeer grote stromen. Een tweede voordeel van een thyristor is dat hij uit zichzelf gaat sperren als de stroom die er doorheen vloeit beneden een bepaalde drempelwaarde daalt. Nu wordt de stroom die na de immens grote piek door de schakeling gaat vloeien voornamelijk bepaald door de waarde van weerstand R1. De spoel van de elektromagneet heeft immers een verwaarloosbare inwendige weerstand. Men kan nu de waarde van R1 zo kiezen, dat de resulterende stroom onder de drempelstroom (de zogenaamde houdstroom) van de thyristor ligt. Het gevolg is dat bij het aanleggen van een positieve puls op de gate de thyristor onmiddellijk gaat geleiden, de drie grote elco's met een zeer grote stroom ontladen worden over de thyristor en de spoel en dat na het ontladen van de condensatoren de thyristor automatisch gaat sperren, omdat de stroom die door R1 wordt veroorzaakt onder de houdstroom ligt. De gate is middels een RC netwerkje (R1 en C4) aangesloten op de uitgang van een uit twee poorten samengestelde flipflop. De uitgang van deze schakeling wordt "L" als men op de resetknop S1 drukt. Deze lage uitgang wordt twee maal geïnverteerd en het signaal dat via de scheidingscondensator C4 aan de gate van de thyristor wordt aangeboden is ook "L". Het knooppunt van beide invertoren is echter "H" en dit hoge signaal stuurt een stroom door de indicatie LED D1 en de voorschakelweerstand R3. De LED gloeit op als teken dat de schakeling is gereset en klaar staat voor actie. De tweede ingang van de flipflop is verbonden met één van de geadresseerde uitgangen van de decoder. Dit signaal is normaal "H", maar wordt "L" als de uitgang wordt geactiveerd. Dit lage signaal

op de tweede ingang van de flipflop triggert de schakeling, de uitgang wordt "H". Dit signaal wordt twee maal geïnverteerd. Het knooppunt tussen beide invertoren wordt "L", de LED dooft. De uitgang van de tweede inverter stuurt via de scheidingscondensator C4 een korte positieve puls naar de gate van de thyristor. Deze puls doet de halfgeleider ontsteken, de drie grote condensatoren worden met de spoel van de elektromagneet verbonden en de kern van de spoel wordt door het forse magnetische veld in de spoel getrokken.

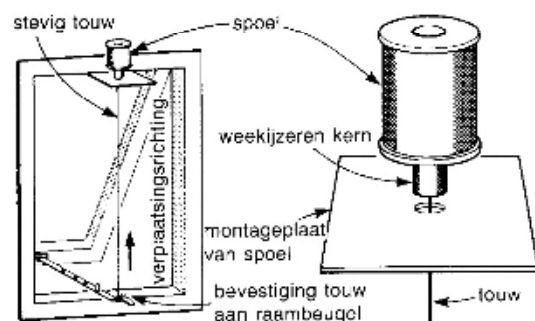
Nadat de condensatoren zijn ontladen valt de stroom door de thyristor onder de houdstroom, de halfgeleider spert. De drie grote condensatoren gaan nu weer langzaam opladen via de weerstand R2. Dit opladen duurt ongeveer een halve minuut. De schakeling kan worden gereset door het indrukken van de resetknop S1. De LED gaat weer branden en de schakeling is gereed om op een volgende door de computer geleverde stuurpuls te reageren.

Bouw van de schakeling

Over de bouw van de schakeling valt niet veel meer te zeggen dan dat deze in grote mate afhankelijk is van de toepassing van het slot.

In elk geval is het aan te bevelen te beginnen met het maken van de mechanische constructies en de spoel. Afbeelding 8.2 geeft als voorbeeld een systeem waarmee men een tuimelraam automatisch kan laten sluiten.

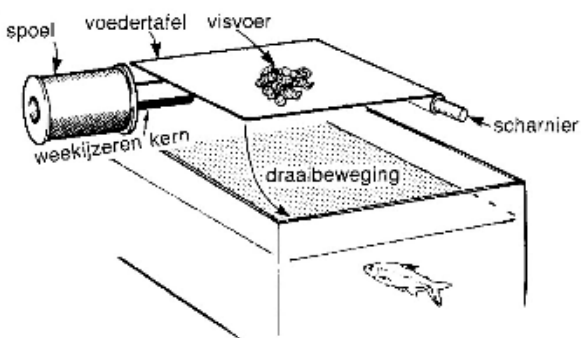
De volgende afbeelding geeft een idee hoe men een automatisch voedersysteem voor een aquarium zou kunnen bouwen. In beide voorbeelden wordt uitgegaan van een holle spoel, waarin een weekijzeren kern vrij kan bewegen. Het is echter ook mogelijk uit te gaan van een spoel die is gewikkeld rond een



Afb. 8.2. Een mogelijke constructie voor het sluiten van een tuimelraam.

onbeweegbare kern en het magnetisch veld dat in deze kern wordt opgewekt te gebruiken voor het aantrekken van een ijzeren anker. Hetzelfde principe als van een elektrische bel en men kan met dit systeem constructies verzinnen als geschetst in afbeelding 8.4.

De mechanische kracht die de spoel moet produceren is in hoge mate afhankelijk van de toepassing. Het zal duidelijk zijn dat de automatische raamsluiters van afbeelding 8.2 heel wat meer kracht eist dan de voedertafel van afbeelding 8.3. Er zijn dus geen standaard regels te geven over het aantal windingen en de draaddiameter van de spoel. Het beste is te experimenteren, de mechanische constructie met de spoel te verbinden en de geladen condensatoren met behulp van twee draadjes met de spoel te verbinden. Er wordt dan dezelfde mechanische kracht opgewekt als in de definitieve opstelling en men kan onmiddellijk vaststellen of de constructie voldoet.



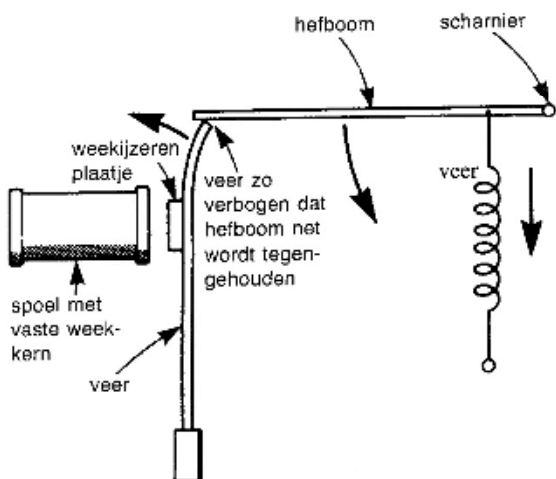
Afb. 8.3. Een automatische voedertafel voor een aquarium.

Als het mechanische veld te gering is om de constructie in beweging te brengen staan verschillende mogelijkheden open om het veld te vergroten:

- Vergroot het aantal windingen van de spoel, al heeft dit wel als nadeel dat de inwendige weerstand van de spoel stijgt en de stroom daalt.
- Vergroot de totale capaciteit van de ontlaadcondensatoren, bijvoorbeeld door één of meer condensatoren van minstens een paar duizend micro farad parallel te schakelen aan C3.
- Pas de mechanische constructie zo aan, dat in rust de weekijzeren kern al voor een deel in de spoel zit, de kracht zal hierdoor aanzienlijk stijgen,

een nadeel is natuurlijk dat de maximale verplaatsing van de kern kleiner wordt.

- Als geen van bovenstaande suggesties helpt, kan men de voedingsspanning van het spoelcircuit verhogen tot bijvoorbeeld 9 of 12 volt. Er moet dan echter een extra voeding gebouwd worden die alleen (nog steeds via de stroombegrenzende weerstand R2) met de drie condensatoren C1 tot en met C3 wordt verbonden. Wel moet er een gemeenschappelijke massaleiding tussen de extra voeding en de computer bestaan. De stroom capaciteit van deze voeding kan klein zijn, omdat zij alleen de vrij kleine laadstroom van de condensatoren moet kunnen leveren.



Afb. 8.4. Het principe van een elektrische bel, toegepast in een systeem waarbij de schakeling een door een veer onder spanning gehouden palletje moet activeren.

Veel hangt natuurlijk ook af van de nauwkeurigheid waarmee men het mechanisme ontwerpt. Elke extra wrijving kost extra energie en moet dus worden vermeden.

Werkt het samenspel van spoel en mechanische constructie naar behoren, dan kan men als volgende stap het elektronisch systeem gaan opbouwen. De schakeling wordt door middel van een drieaderige kabel met de decoder verbonden. De drie aders gaan naar de +5 volt, de massa en de gekozen geadresseerde uitgang. In de meeste gevallen zal de spoel op een flinke afstand van de rest van de schakeling zijn opgesteld. Er vloeit, zoals gezegd, een

vrij grote piekstroom door de spoel en deze stroom loopt natuurlijk ook door de verbindingsdraden tussen thyristor en spoel. Om spanningsverlies zoveel mogelijk te voorkomen verdient het aanbeveling voor deze verbindingsdraden een niet te dunne kabel te gebruiken.

Een veel beter systeem is het volledige ontlaadcircuit samen met de spoel in de mechanische constructie in te bouwen en dit geheel door middel van een drieadrig kabeltje te verbinden met de rest van de schakeling. De drie aders van dit kabeltje gaan naar massa, de +5 volt en de uitgang van de tweede inverter. Aangezien er door deze draden slechts zeer lage stromen vloeien kunnen we hiervoor gebruik maken van dunne kabel.

Het geheel wordt dus opgesplitst in twee deelschakelingen. De "vermogenselektronica" bevat de onderdelen R2, C1, C2 C3, THY1, C4, R1, D2 en de spoel. De "stuurelektronica" bestaande uit S1, IC1, D1 en R3 kan nu in een heel klein kastje worden ondergebracht.

Uit dit kastje komen twee drieadrige kabels: de ene verbindt de schakeling met de decoder, de andere levert de voeding de ontsteekpuls aan de "vermogenselektronica".

Testen en programmeren

Zoals gebruikelijk moet men de schakeling eerst goed controleren op mogelijke kortsluitingen en onderbrekingen en al die ander onheilen die bij het bouwen van elektronische schakelingen kunnen ontstaan. Vervolgens kan men het geheel met de decoder en de computer verbinden. Het testen gebeurt met de inmiddels bekende basisprogramma's, beschreven in de inleiding van dit

boek. Men moet alleen de geselecteerde geadresseerde uitgang activeren en daarna weer deactiveren. Als bij het inschakelen van de voedingen de LED niet gaat branden moet men even op de resetknop drukken. De LED zal nu wel oplichten en de schakeling is bereid de door de computer geleverde puls te ontvangen. Het uiteindelijke programma van de schakeling is volledig afhankelijk van de toepassing.

Onderdelenlijst project 8

Weerstanden:

- R 1 2,2 mega ohm, 1/4 watt
- R 2 4,7 kilo ohm, 1/4 watt
- R 3 180 ohm, 1/4 watt

Condensatoren:

- C 1 4700 micro farad, elco, werkspanning afhankelijk van magneetspanning
- C 2 idem als C 1
- C 3 idem als C 1
- C 4 100 nano farad, MKH

Halfgeleiders:

- D 1 TIL 209, rode LED
- D 2 1 N 4001 diode
- THY 1 6 ampère thyristor

Geïntegreerde schakeling:

- IC 1 74LS00, viervoudige NAND-poort met twee ingangen

Schakelaar:

- S 1 drukknop, 1 x maak

Diversen:

- 1 x L 1, spoel met weekijzeren kern, afhankelijk van toepassing
- 1 x 14-pens IC-voetje
- 9 x soldeerlipje
- 1 x driepolige steker

Rondeteller

Hoewel dit project is ontworpen voor het tellen van het aantal rondes dat miniatuur race-autootjes afleggen, kan men er veel meer mee doen. In principe komt het er op neer dat de schakeling het doorbreken van een lichtstraal tussen een zender en een ontvanger detecteert. Het doet er niet toe wat de oorzaak is van het onderbreken van de lichtstraal en men kan de schakeling dus net zo goed inzetten bij allerlei soorten atletiekwedstrijden, fietswedstrijden, paardenrennen etc.

Ook bij de modelspoorbaan zijn tal van toepassingen voor deze schakeling te bedenken. Door zender en ontvanger aan weerszijden van het spoor op te stellen kan men het voorbijrijden van een trein detecteren en signalen of wissels sturen.

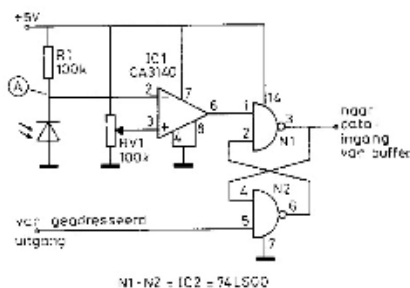
Er zijn zelfs professionele toepassingen te bedenken, zoals het tellen van bezoekers, van voorwerpen op een lopende band of van auto's in een parkeergarage. De schakeling werkt uiteraard veel sneller dan het menselijke oog en daar waar een grote hoeveelheid voorwerpen moet worden geteld die snel een bepaalde plaats passeren, kan men in feite niet buiten het gebruik van een optische teller. Als laatste toepassingsvoorbeeld noemen wij de inbraakalarminstallatie. Bij deze schakeling moet de computer niet iets tellen, maar een alarm activeren op het moment dat de lichtstraal onderbroken wordt.

Softwarematig is men niet beperkt tot het tellen van het aantal keren dat de lichtstraal wordt onderbroken. Men kan het programma zo schrijven dat de computer de rondetijd berekent alsmede de snelheid van het model en beide gegevens overzichtelijk op het scherm weergeeft. Bij de genoemde professionele toepassingen zou men het programma zo kunnen ontwerpen dat de computer een bepaalde uitgangsschakeling activeert op het moment dat er een bepaald aantal voorwerpen door de lichtsluis is gegaan.

Kortom, een heleboel toepassingen en een uitdaging voor de programmeur. En dat terwijl de noodzakelijke elektronische schakeling uiterst eenvoudig is.

Schemabeschrijving

Het volledige schema is getekend in afbeelding 9.1. Het licht van de zender valt op de fotodiode D1. De afstand tussen zender en diode kan vrij groot zijn, men kan immers speciale lampjes met ingebouwde lens gebruiken of desnoods zowel zender als ontvanger opnemen in parabolische reflectoren. In dat laatste geval is het zelfs mogelijk om een afstand van enkele tientallen meters te overbruggen, zij het dat er wel grote eisen worden gesteld aan de constructie van de parabolische reflectoren en aan het uitrichten van zender en ontvanger.



Afb. 9.1. Het schema van de rondeteller.

Voer de niet zo kritische toepassingen, bijvoorbeeld het tellen van het aantal personen dat door een gang loopt, volstaat het aan een wand van de gang een gewone 60 W gloeilamp te monteren en de fotodiode op de andere wand te bevestigen. De zeer onscherpe schaduw, die een langslappend persoon op de diode werpt is bij een goed afgeregeling van het apparaat voldoende om de schakeling te activeren.

Bij modelbanen kan men zender en ontvanger op ongeveer 10 cm van elkaar plaatsen en de zender voorzien van een klein 6 volt, 50 milli ampère lampje, zoals gebruikt in zaklantaarns.

Het enige punt waar men bij alle toepassingen op moet letten is dat de diode niet bestraald mag worden door rechtstreeks invallend licht van andere lichtbronnen. Vergeet niet dat ook het zonlicht een lichtbron is en dat men, als de schakeling buitens-

huis wordt gebruikt, daar zeer zeker rekening mee moet houden.

Nu wij toch over zonlicht praten, het is niet aan te bevelen de zon als zender te gebruiken. Niet alleen varieert de intensiteit van het zonlicht te veel, bovendien verandert door de draaiing van de aarde ook de invalshoek van het licht. Beide factoren maken dat de zon, althans voor ons doel, een vrij onbetrouwbare lichtbron is.

De fotodiode werkt het best met het licht van gloeilampen, maar ook TL-buizen stralen voldoende lichtenergie van de gewenste golflengte uit om de schakeling te activeren. Het probleem met TL-buizen is echter dat het uitgestraalde licht absoluut niet gebundeld is en dat het vandaar vrij moeilijk is om een eenduidige straalonderbreking te krijgen.

De fotodiode is in sperrichting via een voorschakelweerstand R1 aangesloten op de +5 volt voedingsspanning. Als de diode niet belicht wordt zal er slechts een zeer kleine, bijna onmeetbare lekstroom door de weerstand en de diode vloeien. Valt er licht op de cel, dan gaan er zich een reeks tamelijk ingewikkelde natuurkundige processen afspelen in het halfgeleidermateriaal waaruit de diode is opgebouwd, met als voor ons van belang zijnde gevolg dat de lekstroom stijgt. De toename van deze stroom is afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de diode valt. Een stijgende stroom heeft een stijgende spanningsval over de weerstand tot gevolg. De spanning op punt A is gelijk aan het verschil tussen de +5 volt voedingsspanning en de genoemde spanningsval. Men kan dus stellen dat de spanning op punt A daalt naarmate er meer licht op de diode valt. De spanning op punt A wordt in een operationele versterker vergeleken met een instelbare referentiespanning. De grootte van deze referentiespanning is in te stellen door het verdraaien van de instelpotentiometer RV1. Deze spanning wordt zo afgeregeld dat zij bij, volledige belichting van de fotodiode, enige tienden van een volt groter is dan de spanning op punt A. Dit kleine spanningsverschil wordt door de operationele versterker enige duizenden malen versterkt en het gevolg is dat de uitgangsspanning van de schakeling vastloopt tegen de positieve voedingsspanning. Op de uitgang ontstaat nu een "H"-signaal.

Wordt de lichtbundel onderbroken, dan zal de lekstroom door de diode plotseling dalen. Het gevolg is dat de spanning op punt A stijgt en de waar-

de van de referentie overschrijdt. Er staat nu een geïnverteerd spanningsverschil tussen beide ingangen van de opamp. Dit spanningsverschil wordt ook nu versterkt, maar daar de polariteit omgekeerd is zal de uitgang van de opamp nu vastlopen tegen de massa. Op de uitgang ontstaat nu een "L".

Het punt waarbij de schakeling omklapt is afhankelijk van de grootte van de referentiespanning. Men kan dit punt dus naar gelang de omstandigheden dat vereisen bijregelen door het verdraaien van RV1.

De uitgang van de operationele versterker stuurt de ingang van de flipflop. Deze schakeling is samengesteld uit twee NAND-poorten. De flipflop wordt gereset door een "L" die afkomstig is van één van de geadresseerde uitgangen van de decoder. Deze puls zorgt ervoor dat de uitgang van de flipflop "L" wordt. Deze uitgang wordt aangesloten op één van de data ingangen van de decoder. De computer kan nu uit deze "L"-informatie op deze datalijn afleiden dat de schakeling gereset is en dat de lichtstraal nog niet onderbroken werd.

Wordt de lichtstraal echter onderbroken, al is het voor slechts enige duizendsten van een seconde, dan zal de flipflop worden getriggerd door de uitgangsspanning van de opamp. De uitgang van de schakeling wordt "H". Men kan nu deze "H" op de datalijn door de computer laten uitlezen en bepaalde acties in het programma inbouwen. De flipflop blijft in de geactiveerde toestand, tot er vanuit het programma weer een "L" op de geselecteerde geadresseerde uitgang wordt gezet.

Deze eenmalige triggering heeft als groot voordeel dat het niet noodzakelijk is de toestand op de datalijn onmiddellijk na het onderbreken van de lichtstraal uit te lezen. Dit zou ook niet kunnen, want in de meeste gevallen zal men niet op voorhand weten wanneer de lichtstraal onderbroken wordt. Het is nu voldoende als we de computer de toestand op de datalijn te laten inspecteren. Tussen twee inspecties door kan men de computer een heleboel andere opdrachten laten uitwerken. Men kan bovendien het programma zo ontwerpen dat een "H" op de datalijn onmiddellijk de geselecteerde geadresseerde uitgang activeert. De "L" op deze uitgang reset de schakeling, zodat deze klaar is voor het detecteren van de volgende straalonderbreking.

Bouw van de schakeling

In de meeste gevallen zal het niet moeilijk zijn de lichtsluis in de buurt van de computer te plaatsen. De schakeling moet dan in twee delen worden gesplitst. De onderdelen rond de fotodiode en de opamp worden in een klein plastic kastje ingebouwd, dat vervolgens wordt voorzien van twee gaatjes. Eentje voor de instelpotentiometer en het andere voor het belichten van de diode. Men doet er goed aan de diode op de bodem van de kastje te monteren, zodat de afstand tussen diode en het gat in de kast als een eenvoudige lichtgeleider dienst doet. Niet loodrechte invallend licht van andere lichtbronnen dringt dan minder gemakkelijk door tot de diode.

De flipflopschakeling kan in de buurt van de decoder worden gemonteerd. Het kastje kan met behulp van een drieadrige kabel met de flipflop worden verbonden: één ader geleidt de +5 volt, de tweede de massa en de derde het uitgangssignaal van de opamp.

De flipflop zelf moet via een vieraderig kabeltje met de decoder worden verbonden. Ook nu zijn er twee aders nodig voor de voeding en de massa, de twee overige leiden de signalen op de geadresseerde uitgang en de datalijn naar hun bestemming.

Testen en afregelen

Verbind de schakeling met een +5 volt voeding en sluit een voltmeter aan op punt A. Beschijn de fotodiode met een lamp. Houd nu uw hand tussen de lamp en de diode en observeer de meter: de spanning op punt A moet stijgen. Meet nu de spanning op de uitgang van de operationele versterker. Regel de instelpotentiometer RV1 af tot de spanning net naar +5 volt gaat bij belichting van de fotodiode. Onderbreek nu weer de lichtstraal en controleer of de uitgangsspanning naar nul volt gaat. Sluit de voltmeter tot slot aan op de uitgang van de flipflop (pen 3 van IC2). Verbind pen 5 even met massa om de schakeling te resetten. De spanning op de uitgang moet nu "H" worden, hetgeen zich op de meter uit in een uitlezing van minstens 2,4 volt. Onderbreek de lichtstraal, de spanning moet nu naar "L" gaan, of uitgedrukt in volt, naar een spanning van minder dan 0,4 volt.

De schakeling kan nu met de decoder en de computer worden verbonden. Reset vervolgens door de geselecteerde geadresseerde uitgang op de bekende manier te triggeren. Lees nu de toestand op de datalijn uit (zie de samenvatting aan het slot van de

inleiding). Het resultaat moet 0 zijn. Onderbreek de lichtstraal en herhaal het programma. De uitlezing moet nu 1, 2, 4 of 8 zijn, afhankelijk van de uitgang waarop de schakeling is aangesloten. Resetten van de schakeling moet de uitlezing weer 0 maken.

Programmeren van de rondeteller

Het schrijven van programma's voor de rondeteller is niet erg moeilijk, maar men moet wel met enige praktische zaken rekening houden. Deze worden besproken aan de hand van onderstaand voorbeeld, geschreven voor de Commodore 64. Er wordt van uitgegaan dat de schakeling is aangesloten op uitgang 2.

```
10 POKE 56579,240
20 POKE 56577,32
30 POKE 56577,224
40 R = PEEK(56577)AND2
50 IF R = 0 THEN 40
60 N = N + 1:PRINT N
70 POKE 56577,32
80 POKE 56577,224
90 R = PEEK(56577)AND2
100 IF R = 2 THEN 70
110 GOTO 30
```

Een opmerking vooraf: bij dit soort programma's moet men vaak hetzelfde adres PEEK-en en POKE-en. Het spaart geheugenruimte en versnelt het uitvoeren van het programma als men dit adres onderbrengt in een hulp variabele. Stel bijvoorbeeld dat adres 56577 vaak in de belangstelling staat. Men neemt dan als eerste instructie:

PB = 56577

op, waardoor de PEEK- en POKE-instructies worden vereenvoudigd tot:

POKE PB,n: PEEK(PB)

Met regel 10 wordt poort B geïnitieerd, door het adres van het DDRB-register te POKE-en. Daarna wordt in regel 20 de geadresseerde uitgang getriggert, zodat de flipflop in de schakeling wordt gereset. Dit mag men nooit vergeten, want bij het inschakelen van de voeding kan de flipflop zowel in de set als in de reset toestand opkomen.

De regels 40 en 50 vormen een lus die wordt doorlopen tot de lichtstraal wordt onderbroken. Zolang dat immers niet het geval is, is de geselecteerde datalijn (PB1 van groep 1, zie afbeelding 0.3) "L" en de variabele R is 0. Wordt de straal onderbroken, dan wordt R iets anders dan nul (in dit geval 2) en de computer vervolgt met regel 60. Een telvariabele N wordt met 1 verhoogd en het resultaat op het scherm getoond. De constructie van regel 60 is de meest eenvoudige methode om het aantal keren dat een gebeurtenis zich voordoet op te tellen. Elke keer dat het verschijnsel ontstaat, laat men de computer een voor dat doel gereserveerde variabele met 1 verhogen.

Men kan nu de schakeling resetten. Er doet zich hierbij echter een probleem voor. Hoewel BASIC een vrij trage taal is, worden de instructies toch met een naar menselijke maatstaven zeer hoge snelheid uitgevoerd. De computer springt dus van de lus rond regels 40 en 50 naar regel 60 en 70 alvorens de persoon (of het voorwerp) die de lichtstraal onderbreekt de lichtbundel weer verlaten heeft. Het resetten van de flipflop met de constructie van regel 70 heeft op dat moment geen enkel resultaat. Vandaar dat men voor deze actie een tweede lus moet opbouwen. Met de regels 80 en 90 wordt de inhoud van de datalijn weer uitgelezen en vastgesteld of de resetinstructie van regel 70 is uitgevoerd. Is dat niet het geval, omdat de lichtstraal nog steeds onderbroken is, dan stuurt regel 100 de computer terug naar de reset regel 70. De lus blijft gesloten tot de lichtstraal weer op de fotodiode valt, de instructie van regel 70 de schakeling reset en de inhoud van R gelijk aan nul wordt. Regel 110 stuurt de computer terug naar de lus van regels 70 en 80. Er wordt gewacht op de volgende straalonderbreking.

Uit dit voorbeeld kunnen wij drie belangrijke programma-eisen afleiden:

- 1 - Start altijd met een resetinstructie.
- 2 - Bouw steeds een lus die doorlopen wordt tot de straal onderbroken wordt.
- 3 - reset de flipflop met een tweede lus, die controleert of de resetinstructie ook werkelijk opgevolgd is.

Dit soort basisprogramma's kan men ook voor de overige computers schrijven en kan onderdeel zijn

van veel grotere programma's waarin de gegevens van N worden verwerkt in een aantal subroutines. Men zou bijvoorbeeld met de variabele N het aantal voorwerpen kunnen tellen dat op een lopende band langs de lichtsluis glijdt en de waarde van N gebruiken om dozensluitmachines aan te sturen. Het meten van rondetijden kan met het voorbeeldprogramma, mits we de regels 60 en 110 aanpassen. Regel 60 wordt dan gebruikt voor het resetten van de in de computers ingebouwde klok.

Voor de VIC-20 en de Commodore 64 wordt regel 60:

```
60 TI$ = "000000"
```

Voor de BBC wordt regel 60:

```
60 TIME = 0
```

Na het uitvoeren van deze instructie staat de interne chronometer op nul en de tijd begint vanaf dat moment te lopen. Regel 110 wordt vervangen door een eenvoudige tijd-PRINT-instructie. Voor de Commodore 64 en de VIC-20 luidt deze instructie:

```
150 PRINT TI/60;"SECONDEN"
```

Voor de BBC:

```
150 PRINT TIME/100;"seconden"
```

Onderdelenlijst project 9

Instelpotentiometer:

RV 1 100 kilo ohm

Weerstand:

R 1 100 kilo ohm, 1/4 watt

Halfgeleider:

D 1 BPX 65, fotodiode

Geïntegreerde schakelingen:

IC 1 CA3140, operationele versterker

IC 2 74LS00, viervoudige NAND-poort met twee ingangen

Diversen:

1 x 8-pens IC-voetje

1 x 14-pens IC-voetje

9 x soldeerlipje

1 x instel-asje voor potentiometer

1 x driepolige stekker

Akoestische flitstrigger

Dit project is in feite samengesteld uit twee deel-schakelingen, die zowel samen als volledig afzonderlijk gebruikt kunnen worden. De eerste schakeling is een elektronische ontsteking voor foto-flitslampjes, de tweede een akoestische trigger.

Gebruikt men beide delen samen, dan kan men tal van bijzondere fotografische experimenten uitvoeren. De flits wordt ontstoken op het moment dat een bepaald geluid ontstaat. Een van de bekendste experimenten is het fotograferen van een exploderende ballon of een brekend glas. De werking is als volgt, zet de camera op een statief en de microfoon van de akoestische trigger zo dicht mogelijk, uit beeld, naast de ballon of het glas. Schakel het licht uit en open de sluiters van de camera. Prik nu met een naald de ballon door of sla met een hamer op het glas (toeschouwers op een veilige afstand, handschoenen aan en veiligheidsbril op!). Het geluid van de exploderende ballon of het brekende glas activeert de trigger en deze ontsteekt de foto-flits. Na enige experimenten kan men zeer fraaie, hoewel reeds honderden malen eerder uitgevoerde, kiekjes verwachten. Natuurlijk is het mogelijk de twee schakelingen rechtstreeks aan elkaar te koppelen zonder gebruik te maken van een computer. Het tussenschakelen van ons huisbrein heeft echter als voordeel dat men een instelbare tijdsvertraging kan inlassen tussen het ontstaan van het geluid en het ontsteken van de flitsbuis. Bovendien is het mogelijk meervoudige opnames te maken door verschillende fotoflits-schakelingen met bepaalde tijdsintervallen te laten ontsteken.

Een tweede toepassing is het fotograferen van schichtige nachtdieren. De microfoon wordt opgesteld in de buurt van het hol of nest, de camera wordt bij daglicht op scherp gesteld. Zodra het echt pikkedonker is opent men de sluiters en wacht af. Een geluid (en laten wij hopen dat het ministerie van defensie nu net voor die nacht geen oefenvluchten heeft gepland) activeert de schakeling en met een beetje geluk belandt het dier op de gevoelige laag.

De akoestische schakelaar heeft op zichzelf tal van toepassingen. De schakeling is zeer gevoelig voor

scherpe, kortstondige geluiden zoals knippen met de vingers en hoge tonen zoals fluitsignalen. Men zou de akoestische schakelaar bijvoorbeeld kunnen combineren met de modelbesturing van project vier om treintjes aan mondelinge bevelen te laten gehoorzamen. Ook het magnetische slot kan aan de akoestische schakelaar worden gekoppeld.

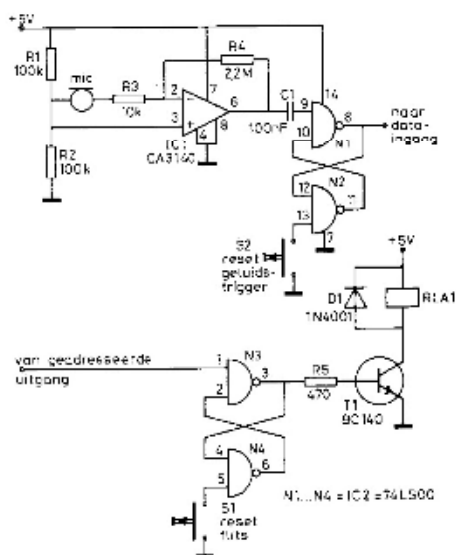
De fototrigger op zichzelf (met computerbesturing) is bijvoorbeeld bruikbaar voor het introduceren van tijdsvertragingen bij het nemen van foto's. Bovendien kan de schakeling niet alleen door de akoestische trigger worden aangestuurd, maar met elk in dit boek beschreven project dat een enkelvoudig signaal aflevert. Zo zou men de fotoflits kunnen combineren met de rondeteller van project 9 voor het samenstellen van een automatische camera, die afgaat op het moment dat een nachtelijk individu een lichtstraal onderbreekt.

Schemabeschrijving

Het volledige schema van de schakeling is getekend in afbeelding 10.1. Het flitslichtgedeelte wordt getriggerd door een geadresseerde uitgang, die is aangesloten op een uit twee NAND-poorten opgebouwde flipflop. Deze schakeling wordt gereset door het indrukken van de resetschakelaar S1. De uitgang van de flipflop (pin 3 van IC2) wordt "L". Activeert men softwarematig de geselecteerde geadresseerde uitgang, dan zal de lage puls op deze lijn de flipflop zetten. De uitgang wordt "H" en deze hoge spanning stuurt via weerstand R5 de transistor T1 in geleiding. Het relais RLA1 wordt bekrachtigd, het contact wordt gesloten. Het relaiscontact is verbonden met de twee draadjes van de elektronische flits (of het flitslampje) en de flits ontstaat. De schakeling van de flits staat dus helemaal los van de schakeling rond de computer: de relaiscontacten zorgen voor een volledige elektrische scheiding, hetgeen als groot voordeel heeft dat men een willekeurig flitsstelsel kan toepassen. Het relaiscontact vervangt in feite de normaliter in de camera ingebouwde schakelaar, die sluit als men op de ontspanner drukt.

Na de flits moet de schakeling met de hand worden

gereset (drukken op S1) alvorens men een nieuwe flits kan afvuren. Het is echter mogelijk het resetten te automatiseren door schakelaar S1 uit het schema te verwijderen en pen 5 van IC2 te verbinden met een tweede geadresseerde uitgang. Men kan de schakeling dan resetten met behulp van een computerprogramma, hetgeen zeer zeker is aan te bevelen als men het geheel wil gebruiken voor het snel achter elkaar belichten van een negatief. Dit heeft natuurlijk alleen zin als men de schakelaar gebruikt in combinatie met een elektronische flitsers.



Afb. 10.1. Het uit twee afzonderlijke delen samengestelde schema van de akoestische flitstrigger.

De geluidstrigger wordt gestuurd uit het signaal van een kleine, goedkope kristalmicrofoon MIC. De uitgangsspanning van dit onderdeel wordt versterkt door de operationele versterker IC1 en via een scheidingscondensator C1 aangeboden aan een tweede flipflop. De positieve ingang van de opamp is aangesloten op een spanningsdeler, samengesteld uit twee even grote weerstanden R1 en R2. De positieve ingang staat dus op de helft van de beschikbare voedingsspanning, ongeveer +2,5 volt. De negatieve ingang is opgenomen in een terugkoppeling, samengesteld uit de weerstanden R3 en R4. Deze twee weerstanden bepalen de versterkingsfactor van de schakeling. De microfoon ligt niet aan massa, maar aan het knooppunt tussen beide

weerstanden R1 en R2. Deze schakelwijze zorgt ervoor dat de spanning op de uitgang in rust gelijk is aan +2,5 volt. Als de microfoon geluid opvangt zal de kleine microfoonspanning ongeveer 200 keer versterkt worden. De operationele versterker wordt flink overstuurd en de uitgang gaat op het ritme van de geluidstrillingen heen en weer springen tussen +5 en 0 volt. Deze spanningssprongen worden door de scheidingscondensator C1 aangeboden aan één van de ingangen van de flipflop. Deze schakeling reageert op negatieve sprongen en de eerste overgang van +5 volt naar 0 volt op de uitgang van de operationele versterker zal de flipflop zetten. De uitgang van de schakeling, verbonden met één van de datalijnen wordt "H". Deze informatie kan nu op de bekende manier door de computer worden ingelezen.

De schakeling reset niet automatisch, men moet op de reset drukknop S2 drukken om het geheel opnieuw te resetten. Dit heeft als groot voordeel dat ook een zeer korte geluidspuls toch door de computer kan worden ingelezen. De flipflop blijft immers na te zijn geset door deze puls in deze toestand tot men op S2 drukt. Het is dus niet noodzakelijk de data uitgang voortdurend uit te lezen. Men kan een subroutine voor dit doel in het programma verwerken, die om de zoveel seconden wordt aangeroepen.

Ook nu kan men het resetten aan de computer overlaten door S2 te verwijderen en pen 13 van IC2 aan te sluiten op een geadresseerde uitgang van de decoder.

Bouw van de schakeling

Zoals reeds gezegd is de schakeling samengesteld uit twee delen, die afzonderlijk bruikbaar zijn. Men is dus niet verplicht de volledige schakeling van afbeelding 10.1 na te bouwen, men kan alleen de geluidstrigger of alleen de flitsactivator samenvoegen. Bovendien is het mogelijk de schakeling uit te breiden met verschillende flitsdelen. Het volstaat één of meerdere SN74LS00 IC's te bedraden volgens het schema van afbeelding 10.1 en elke flipflop aan te sluiten op een transistor-relais combinatie.

Het geheel kan in een klein plastic kastje worden ondergebracht, waarin een aantal gaten worden geboord. Eén gat voor de microfoon en de overige voor de twee of meerdere reset drukknoppen. De contacten van het relais (of de relais) worden naar buiten uitgevoerd middels kleine chassisdelen,

waarin men het stekertjes van de elektronische flits-er kan steken. Deze chassisdelen zijn te koop bij de fotohandel.

Het kastje moet met minstens vier draadjes verbonden worden met de decoder: natuurlijk de onvermijdelijke +5 volt en massa en minstens één geadresseerde uitgang en één datalijn. Het aantal aders neemt natuurlijk toe als men de resetfuncties door de computer wil sturen en/of als men meerdere flipflop's inbouwt.

Testen van de schakeling

Nadat men het geheel heeft onderzocht op kortsluitingen, slechte solderlassen en dergelijke kan men het kastje provisorisch met een 5 volt voeding verbinden. Druk nu op S1 en verbind pen 1 van IC2 even met de massa. Het relais moet nu bekrachtigd worden, wat zowel hoorbaar als zichtbaar is. Sluit vervolgens een voltmeter aan op de datalijn (pen 8 van IC2). Druk op S2, zodat de spanning op dit punt gelijk wordt aan ongeveer 0 volt. Knip even met de vingers voor de microfoon, de spanning moet nu "H" worden, hetgeen overeenkomt met een spanning van ten minste 2,4 volt. Gebeurt er echter niets, tik dan even voorzichtig op het microfoonkapsel. Als de schakeling nu nog niet reageert is er iets mis.

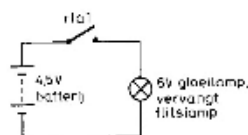
Het kan zijn dat de door u toegepaste microfoon een erg ongevoelig type is en dat de uitgangsspanning dus erg laag is. Te laag om de ingang van de operationele versterker te oversturen. Man kan in dit geval de versterkingsfactor van de schakeling verhogen door het vergroten van de waarde van de weerstand R4. Vervang dit onderdeel door 3,3 of 4,7 Mega ohm en herhaal de test. Gebeurt er dan nog niets (en is men er zeker van dat er geen bedradingsfout is gemaakt) dan zit er niets anders op dan een gevoeliger microfoon te kopen en deze in de schakeling te monteren.

Als het goed is moet de schakeling reageren op het geluid van op ongeveer een halve meter voor de microfoon met de vingers knippen.

De schakeling kan vervolgens worden getest met de decoder en de computer. Verbind alle apparatuur op de voorgeschreven manier, schakel de voeding in en reset beide flipflop's. U kunt vervolgens een elektronische flits-er op het apparaatje aansluiten. Omdat het vrij duur is om tijdens deze tests steeds opnieuw flitslampjes te verbruiken kan men de schakeling van afbeelding 10.2 op de relaiscontac-

ten aansluiten. De flitslampjes worden dan vervangen door een 6 volt gloeilampje, in serie geschakeld met een 4,5 volt batterij.

Trigger vervolgens softwarematig de geselecteerde geadresseerde uitgang (zie inleiding). Lees daarna poort B uit. Omdat beide flipflop's zijn gereset moet er een nulletje op het scherm verschijnen. Laat tot slot de schakeling op een geluid reageren. De uitlezing moet nu 1, 2, 4 of 8 worden, afhankelijk van welke datalijn op de schakeling is aangesloten.



Afb. 10.2. Het gedurende de tests vervangen van flitslampje door een minder geld verslindende gloeilamp.

Programmeren

Het schrijven van een programma voor deze schakeling is tamelijk eenvoudig en in de vorige hoofdstukken van dit boek is reeds een aantal bruikbare voorbeelden behandeld.

Onderstaand programma, geschreven voor de VIC-20, zal de flitslamp een bepaalde tijd na het ontvangen van het geluid ontsteken:

```
10 POKE 37138,240
20 POKE 37136,224
30 R = PEEK(37136)AND4
40 IF R = 0 THEN 30
50 TI$ = "000000"
60 IF TI < 6 THEN 60
70 POKE 37136,48
80 PRINT "FOTO IS GEMAAKT"
90 STOP
```

Na de nodige initialiserings-instructies blijft de computer in de lus 30 - 40 steken tot de geluidsflipflop wordt geset. Daarna wordt de in de computer ingebouwde chronometer gereset (regel 50). De computer blijft vervolgens regel 60 doorlopen tot er zes tienden van een seconde zijn verstreken. De geadresseerde uitgang wordt geactiveerd, waardoor de flitsbuis wordt ontstoken. Met regel 80 wordt deze actie op het scherm bevestigd.

Dit programma is geschreven voor geadresseerde uitgang nummer 3 en datalijn PB2. De vertraging kan natuurlijk naar wens worden gevarieerd door het aanpassen van regel 60.

Hetzelfde programma kan worden gebruikt voor de Commodore 64, maar men moet natuurlijk wel de adressen van het register en de poort aanpassen.

Voor de BBC zou men onderstaande listing kunnen gebruiken:

```
10 DDRB = 65122: ?DDRB = 240
20 PORTB = 65210: ?PORTB = 224
30 REPEAT R = ?PORTB AND 4
40 UNTIL R < > FALSE
50 TIME = 0
60 REPEAT UNTIL TIME = 10
70 ?PORTB = 48
80 PRINT "foto is gemaakt"
90 END
```

Ook nu wordt er in een lus gewacht tot de geluidstrigger de flipflop set. Vervolgens wordt de klok gereset en in een tweede lus gewacht tot de in regel 60 ingestelde tijd verstreken is. Tot slot wordt de flitstrigger aangestuurd.

Bij dit soort programma's is het een goede gewoonte een routine in te bouwen waarmee men de computer laat controleren of de flipflop's wel gereset zijn. Is dat niet het geval, dan moet er een mededeling op het scherm worden weergegeven. Na het resetten van de flipflop's stuurt dit programma de computer naar de beschreven routines. Op deze manier wordt voorkomen dat de flits onmiddellijk bij het RUN-nen van het programma gaat ontsien. Zou de flipflop immers niet van tevoren zijn gereset, dan blijft de computer niet in de eerste lus steken, maar gaat onmiddellijk naar de tijdslus en de ontsteekprocedure.

Er zijn natuurlijk nog een heleboel verfijningen denkbaar. Zeker als men de schakeling gebruikt voor het fotograferen van nachtdieren is het han-

dig als er een routine wordt ingebouwd die de trigger een bepaalde tijd uitschakelt. Men heeft dan de tijd om rustig weg te lopen (anders bestaat het gevaar dat het geluid van uw voetstappen de schakeling in werking stelt).

Laat men het resetten van een of meerdere flipflop's aan de computer over, dan moet deze instructie ook in een lus worden opgenomen. In deze lus moet worden gecontroleerd of de resetactie ook echt door de elektronische schakeling is opgevolgd. Het probleem is namelijk dat de computer de reset-instructie zou kunnen geven alvorens het weer stil is. Wordt de instructie niet opgevolgd omdat er nog steeds geluid hoorbaar is dat de schakeling in de set-toestand houdt, dan wordt deze lus opnieuw doorlopen. Eerst als het geluid wegvalt kan de elektronica de computer gehoorzamen.

Onderdelenlijst project 10

Weerstanden:

| | |
|-----|------------------------|
| R 1 | 100 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 2 | 100 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 3 | 10 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 4 | 2,2 mega ohm, 1/4 watt |
| R 5 | 470 ohm, 1/4 watt |

Condensator:

| | |
|-----|---------------------|
| C 1 | 100 nano farad, MKH |
|-----|---------------------|

Halfgeleiders:

| | |
|-----|------------------------|
| D 1 | 1N4001, diode |
| T 1 | BC 140, npn transistor |

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|--|
| IC 1 | CA3140, operationele versterker |
| IC 2 | 74LS00, viervoudige NAND-poort met twee ingangen |

Schakelaars:

| | |
|-----|----------------------------|
| S 1 | drukschakelaar, enkel maak |
| S 2 | drukschakelaar, enkel maak |

Relais:

| | |
|-------|---------------------------------|
| RLA 1 | 6 volt reed-relais, maakcontact |
|-------|---------------------------------|

Diversen:

| | |
|-----|---|
| 1 x | MIC, kristalmicrofoontje |
| 1 x | 8-pens IC-voetje |
| 1 x | 14-pens IC-voetje |
| 1 x | chassisdeel voor verbinding met flitser |
| 8 x | soldeerlipje |
| 1 x | driepolige steker |

Potentiometerbesturing

Een potentiometer besturing is een soort stuurknuppel, maar wel één met zeer bijzondere eigenschappen. In de meest eenvoudige uitvoering bestaat zo'n apparaatje uit een klein kastje voorzien van een draaiknop. Draait men aan deze knop, dan kan men een cursor, een kanon, een racewagen of wat dan ook proportioneel met de draaibeweging over het scherm bewegen. Dit wil zeggen dat hoe sneller men de knop verdraait, hoe sneller het figuurtje over het scherm gaat bewegen. Bij een normale stuurknuppel, uitgevoerd met schakelaars, is de snelheid van de beweging onafhankelijk van de stuurknuppel. Deze wordt door het programma bepaald. Het zal duidelijk zijn dat een analoge stuurknuppel of paddle, twee namen waaronder de potentiometerbesturing commercieel bekend staat, veel meer mogelijkheden biedt dan de normale met schakelaars werkende stuurknuppel.

Men kan zelfs twee paddles bouwen en elke paddle gebruiken om de cursor in één richting over het scherm te verplaatsen. Het is zelfs mogelijk de twee potentiometers mechanisch te koppelen aan een soort stuurknuppel, zodat men door de stuurknuppel in een willekeurige richting te bewegen de cursor over het scherm kan sturen. Helaas valt de zelfbouw van zo'n apparaat buiten het bereik van de gemiddelde doe-het-zelver. Gelukkig echter kan men in elke goed gesorteerde elektronica detailzaak deze potentiometerstuurknuppels kant en klaar kopen.

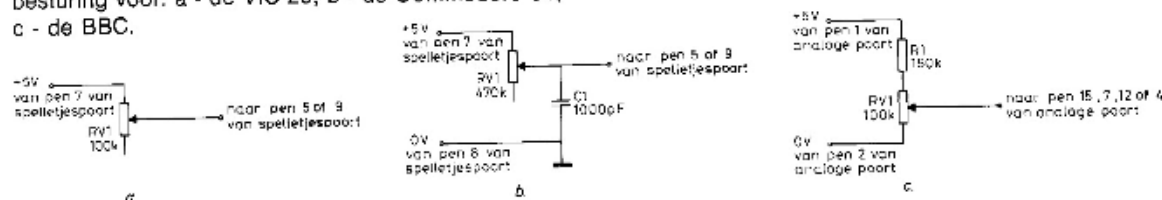
Principe van de potentiometerbesturing

Afhankelijk van het type computer moet men een iets verschillende schakeling gebruiken. In afbeelding 11.1 zijn de drie systemen overzichtelijk

samengevat.

De schakeling voor de VIC-20 is het meest eenvoudige: de potentiometer stuurt een bepaalde stroom naar de "POT X" of "POT Y" ingangen van de spelletjespoort. Deze zijn toegankelijk op de aansluitpennen 9 en 5. De grootte van de stroom is afhankelijk van de stand van de looper van de potentiometer en dus afhankelijk van de verdraaiingshoek van de knop. Deze stroom laadt een zich in de computer bevindende condensator op. De computer meet de tijd die de condensator nodig heeft om tot een bepaalde spanning op te laden en ontladend onmiddellijk daarna deze condensator. Er bestaat dus een rechtstreeks verband tussen de stand van de potentiometerloper en de snelheid waarmee de condensator wordt opgeladen. De oplaadtijd wordt gemeten en opgeslagen in één van de twee daarvoor bestemde registers. Deze registers wonen op de adressen 36872 (POT X) en 36873 (POT Y). De decimale waarde die in deze registers wordt opgeslagen is 0 voor een ingangsspanning gelijk aan +5 volt en 255 voor een ingangsspanning gelijk aan 0 volt. Men kan beide aansluitingen tegelijkertijd gebruiken. Er is dan een aantal praktische mogelijkheden. Men kan elke potentiometer toevertrouwen aan één speler en bijvoorbeeld het programma zo schrijven dat elke speler met zijn stuurknuppel de stand van een goalkeeper op het scherm kan beïnvloeden. De potentiometers kunnen dan ingebouwd worden in kastjes zoals getekend in afbeelding 11.2a. Zoals gezegd kan men ook een potentiometerstuurknuppel kopen, die ziet er ongeveer uit als geschetst in afbeelding 11.2.b. De twee potentiometers worden dan respectievelijk

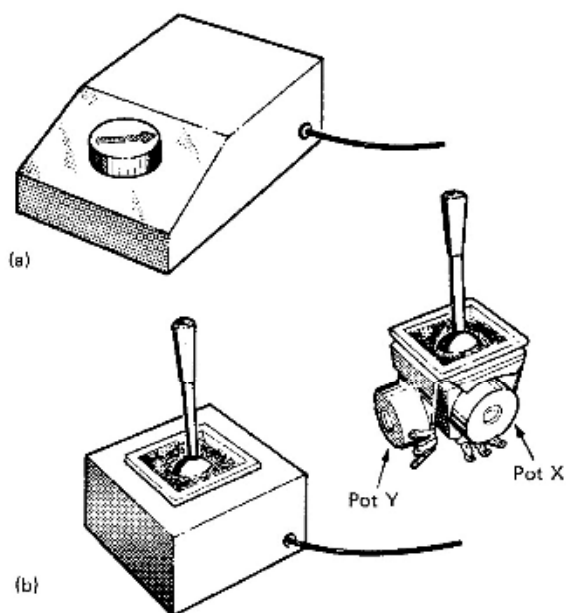
Afb. 11.1. De "schakeling" van de potentiometerbesturing voor: a - de VIC-20; b - de Commodore 64; c - de BBC.



verbonden met POT X en POT Y en er ontstaat een systeem waar mee men tweedimensionale bewegingen op het scherm kan uitvoeren.

Voor de Commodore 64 werkt men volgens hetzelfde systeem, met als enige verschil dat de condensator niet in de computer is ingebouwd en dus rechtstreeks op de potentiometer moet worden gesoldeerd. Het schema is getekend in afbeelding 11.1.b. Aangezien de Commodore 64 twee spelletjespoorten heeft is het mogelijk om op deze computer totaal vier potentiometers aan te sluiten. Dat kunnen vier enkelvoudige uitvoeringen volgens afbeelding 11.2a zijn, maar het ligt uiteraard voor de hand twee dubbele potentiometers te gebruiken volgens het stuurknuppelsysteem, zodat twee spelers de mogelijkheid hebben hun poppetjes, kanonnen of ruimtevoertuigen in alle richtingen over het scherm te sturen.

Bij deze computer zijn de registers te vinden op adres 54297 voor POT X en op adres 54298 voor POT Y. De respectievelijke aansluitpennen op de spelletjespoorten zijn 9 en 5.



Afb. 11.2. De potentiometerbesturing kan enkelvoudig worden uitgevoerd en ingebouwd in een kastje met een hellend voorfront (a) of dubbel worden opgebouwd, waarbij men gebruik kan maken van de speciaal voor dit doel in de handel gebrachte stuurknuppels (b).

Wil men de waarde van de op poort 1 aangesloten potentiometer uitlezen, dan moet men eerst de bits 7 en 6 van adres 56320 respectievelijk "L" en "H" maken. De potentiometers, aangesloten op de tweede spelletjespoort, kunnen worden uitgelezen nadat men de waarde van deze bits heeft geïnverteerd. Wij komen daar echter straks uitgebreid op terug.

Nu naar de BBC computer.

Bij deze computer moet men een spanningsdeler samenstellen tussen de +5 volt en de massa, opgebouwd uit de potentiometer en een vaste weerstand. Zo'n kring noemt men een spanningsdeler omdat de spanning op de looper van de potentiometer afhankelijk is van de waarde van de vaste weerstand en de stand van de looper van de potentiometer. Verdraait men de potentiometer over zijn volledige bereik, dan zal de spanning op de looper variëren tussen 0 volt en +1,8 volt. Men kan deze spanning aanbieden aan één van de vier in de computer aanwezige analoog-naar-digitaal omzetter. De spanning wordt door deze schakelingen omgezet in een getal tussen 0 en 65520, waarbij echter niet alle tussenliggende waarden beschikbaar zijn: het getal stijgt met 16 eenheden tegelijk.

Men kan dit getal uitlezen door gebruik te maken van het ADVALstatement. Voor de BBC model A computer moet men echter beschikken over afzonderlijk aan te schaffen analoge poort uitbreidingen.

Voor de Acorn Electron wordt alweer verwezen naar Appendix B.

Bouwen van de "schakeling"

Schakeling tussen aanhalingsstekens, omdat er in feite nauwelijks sprake is van een echte elektronische schakeling. Het enige dat moet gebeuren is de potentiometer of - meters inbouwen in een geschikt kastje, eventueel de extra condensatoren rechtstreeks tussen de potentiometerlipjes solderen en het geheel met een kabeltje verbinden met de computer. Bij alle computers wordt gebruik gemaakt van de bekende type D connectoren, de aansluitpennetjes zijn gegeven in figuur 11.1.

De eerste software-experimenten

Het meest eenvoudige testprogramma voor de VIC-20 is:

```

10 PRINT PEEK (36872)
20 FOR J = 1 TO 200:NEXT
30 GOTO 10

```

RUN het programma, verdraai de potentiometerknop en observeer de cijfertjes op het scherm. Afhankelijk van de stand van de potentiometerloper moet men een uitlezing verkrijgen tussen 0 en iets meer dan 100. Het is niet verstandig hogere waarden dan 100 te selecteren. De minste of geringste verdraaiing van de looper geeft dan grote uitleesverschillen en bovendien treedt er nogal wat spreiding op. Een bereik van 0 tot 100 is meer dan voldoende om een cursor nauwkeurig over het scherm te verplaatsen.

Bij de Commodore 64 kan men, als de paddle is aangesloten op poort 1, het volgende programma intoetsen:

```

10 POKE 56320,
(PEEK(56320)AND63) + 64
20 PRINT PEEK(54297)
30 FOR J = 1 TO 200:NEXT
40 GOTO 20

```

Met regel 10 worden de bits 7 en 6 van adres 56320 gelijk gemaakt aan "L" en "H", zonder dat de overige bits worden aangetast. Voor een op poort 2 aangesloten potentiometer moet men deze regel wijzigen in:

```

10 POKE 56320, (PEEK(56320)AND64)

```

De BBC-computer is het meest geschikt voor dit soort toepassingen, dank zij zijn speciale ADVAL-instructie. Zoals reeds gezegd kan men de potentiometer op een willekeurige ingebouwde analoog-naar-digitaal omzetter aansluiten. Deze schakelingen zijn genummerd van 1 tot en met 4 en:

```

10 PRINT ADVAL(2)
20 FOR J = 1 TO 200:NEXT
30 GOTO 10

```

leest de op ADC nummer 2 aangesloten potentiometer uit.

Deze computer geeft een geleidelijk stijgende waarde over het volledige potentiometerbereik. De spreiding op de uitlezing is zo goed als verwaarloosbaar, zodat de nauwkeurigheid uitstekend te noemen is.

Programmeren

Het programmeren van de potentiometers is uiterst eenvoudig. Het enige dat men doet is de positie van de potentiometerloper uitlezen (zie deelprogramma's in de vorige paragraaf) en de uitgelezen waarden omzetten in schermcoördinaten. In de meeste gevallen zal het noodzakelijk zijn de potentiometeruitlezingen door een bepaalde constante factor te delen. De berekende coördinaten kunnen dan worden gebruikt voor het PRINT-en van cursors of willekeurige grafische symbolen op het scherm.

Het is natuurlijk ook mogelijk de potentiometergetallen te gebruiken voor het aansturen van externe apparaten, zoals bijvoorbeeld de modelbaanbesturing van project 4 of een robot.

Onderstaand programma, geschreven voor de VIC-20, demonstreert de algemene principes:

```

10 PRINT" ":G = 7680:H = 38400
20 FOR J = 0 TO 21:POKE G + J,81:NEXT
30 FOR J = 0 TO 21:POKE H + J,1:NEXT
40 POKE H + PEEK(36873)/4,2
50 GOTO 30

```

Het programma zal een rode "bal" heen en weer bewegen op de bovenste regel van het scherm, waarbij de plaats van de bal wordt bepaald door de stand van de potentiometer.

Met regel 20 wordt de bovenste regel van het scherm volledig gevuld met grafische symbolen, die een bal voorstellen. Met regel 30 wordt de kleur van deze symbolen gelijk gemaakt aan wit, zodat men de ballen niet ziet. Daarna zal in regel 40 de kleur van één bal rood worden gemaakt. De positie wordt bepaald door een adres in het videodisplay te POKE-en. Het juiste videoadres wordt berekend door het potentiometeradres eerst door 4 te delen en de uitkomst van deze berekening bij het startadres van de kleurenfile op te tellen. Dit delen door 4 is noodzakelijk om het totale potentiometerbereik (0 tot ongeveer 80) te spreiden over het aantal beschikbare PRINT-posities op één schermregel. Regel 50 stuurt het programma terug naar regel 40, de potentiometer wordt dus voortdurend uitgelezen en de uitgelezen waarde wordt omgezet in het juiste videoadres.

Het is bij dit soort programma's zeer belangrijk maatregelen in te bouwen die er voor zorgen dat de

computer niet per ongeluk adressen kan POKE-en die buiten de videofile vallen. De computer kan weliswaar nooit beschadigd worden door dit soort foute opdrachten, maar de kans is groot dat belangrijke systeemvariabelen worden vernietigd waardoor het programma kan "crashen".

De meest voor de hand liggende beveiliging is een IF THEN-lus, waarin de uitgelezen potentiometerwaarde wordt vergeleken met een minimum en een maximumwaarde. Valt de uitlezing buiten dit bereik, dan moet de computer een nieuwe waarde uitlezen. Valt deze uitlezing binnen het bereik, dan kan de computer deze uitgelezen grootte omzetten in een videoadres.

Voor de overige computers kan men soortgelijke programma's schrijven, waarbij natuurlijk steeds de POKE-adressen moeten worden aangepast aan de geheugenindeling van de betreffende computers.

Onderdelenlijst project 11

voor Commodore 64

Instelpotentiometer:

RV 1 470 kilo ohm

Condensator:

C 1 1 nano farad, MKH

Diversen:

1 x 9-polige type-D connector

1 x potentiometerstuurknuppel)*

voor VIC-20

Instelpotentiometer:

RV 1 100 kilo ohm

Diversen:

1 x 9-polige type-D connector

1 x potentiometerstuurknuppel)*

voor BBC

Instelpotentiometer:

RV 1 100 kilo ohm

Weerstand:

R 1 150 kilo ohm, 1/4 watt

Diversen:

1 x 15-polige type-D connector

1 x potentiometerstuurknuppel)*

)* De meeste in de handel zijnde potentiometerstuurknuppels zijn voorzien van twee potentiometers van 220 kilo ohm. Men kan deze potentiometers gebruiken als men bij de Commodore de condensator vergroot tot 2,2 nano farad en bij de BBC de voorschakelweerstand vergroot tot 390 kilo ohm.

Vloeistofdector

De vloeistofdector is het eerste uit een serie van zes projecten waarmee dit boek wordt afgesloten en die samen kunnen worden gebruikt voor het opbouwen van een zeer uitgebreid weerstation. Het is mogelijk om, met gebruikmaking van de decoder, alle projecten gelijktijdig op de computer aan te sluiten en de gegevens softwarematig te verwerken tot een vrij compleet weer rapport.

Natuurlijk mag men van tamelijk eenvoudige elektronische schakelingen niet verwachten dat zij dezelfde precisie geven als de professionele apparatuur waarvan het KNMI gebruik maakt, maar de resultaten zijn toch voldoende nauwkeurig om bijvoorbeeld de computer zelf weersvoorspellingen te laten berekenen.

Zoals de titel van dit hoofdstuk doet vermoeden is dit project in eerste instantie opgezet om de computer te melden of het al dan niet regent. Maar men kan de schakeling natuurlijk ook zelfstandig gebruiken voor tal van nuttige toepassingen.

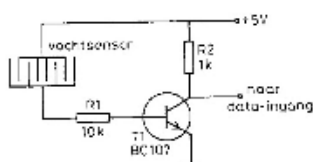
Enige voorbeelden:

- Het berekenen van het aantal regendagen per maand.
- Het berekenen van de gemiddelde duur van een regenbui.
- Het sturen van een regen-waarschuwingssysteem, bijvoorbeeld in combinatie met de pieper van project 5.
- Het via een aantal vloeistofdetectoren meten en registreren van de waterstand van een vijver of waterput.

Schemabeschrijving

Het zeer eenvoudige schema van de vloeistofdector is getekend in afbeelding 12.1.

Het hart van de schakeling is een "vochtigheids-

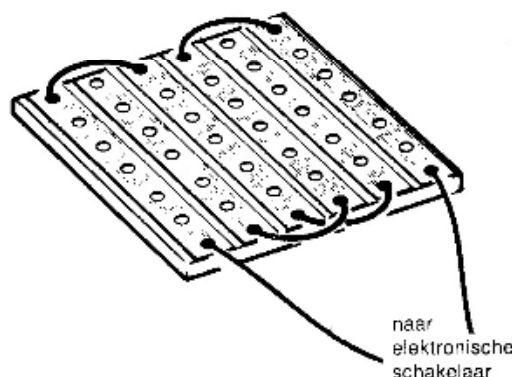


Afb. 12.1 Het eenvoudige schema van de vochtsensor.

sensor". Deze sensor is samengesteld uit een aantal parallel liggende koperen geleiders, die om en om met elkaar zijn verbonden. Alle even geleiders liggen aan de +5 volt voeding, alle oneven geleiders zijn aangesloten op de weerstand R1. Is de sensor droog, dan is de weerstand van de element oneindig hoog en er vloeit geen stroom naar de basis van transistor T1. De uitgangsspanning is "H". Valt er nu echter een druppel water op de sensor, dan zal deze twee naast elkaar liggende geleiders overbruggen. Water heeft een bepaalde elektrische geleiding en het gevolg is dat er tussen de twee "kammen" waaruit de sensor is opgebouwd een stroom gaat vloeien. Deze gaat via de weerstand R1 naar de basis van de transistor. Deze halfgeleider gaat geleiden, de collectorspanning gaat naar 0 volt, hetgeen in computertermen overeen komt met een "L". De weerstand R1 is bedoeld als beveiliging. Dit onderdeel begrenst de basisstroom op een veilige waarde. Zonder deze weerstand zou deze stroom zo groot kunnen worden (bijvoorbeeld als gevolg van een flinke onweersbui) dat de transistor aan een te grote basisstroom zou bezwijken.

Bouw van de schakeling

De sensor kan volgens afbeelding 12.2 worden vervaardigd uit een klein stukje Vero-board, waarvan de koperbanen op de getekende manier worden



Afb. 12.2 De sensor van de schakeling kan worden samengesteld door de koperen baantjes op een stukje experimenteerprint om en om met elkaar te verbinden.

doorverbonden. Deze sensor wordt verbonden met de schakeling, die op een tweede plaatje is gesoldeerd. Men kan natuurlijk ook één plaatje Veroboard gebruiken en het gedeelte waarop de schakeling is gesoldeerd onderbrengen in een kastje en het gedeelte waarop de sensor is gebouwd uit een spleet in het kastje laten komen. Zorg er in dit laatste geval wel voor dat het schakelgedeelte nooit nat kan worden, bijvoorbeeld door de spleet dicht te kitten.

De schakeling werkt volledig met gelijkspanningen er er is dus niets op tegen om een lange kabel toe te passen voor het aansluiten van de schakeling op de decoder. Deze kabel heeft drie aders nodig, de +5 volt voeding, de massa en het uitgangssignaal.

Testen van de schakeling

Sluit de schakeling provisorisch aan op een platte batterij van 4,5 volt en meet de spanning op de uitgang. Deze moet gelijk zijn aan de batterijspanning. Laat nu een druppel regen- of leidingwater op de sensor vallen, de uitgangsspanning moet nu dalen tot ongeveer 0 volt. Hetzelfde resultaat wordt verkregen als men de sensor met een bevochtigde vinger aanraakt. In principe is het dus mogelijk de vochtigheidssensor ook als aanraakschakelaar toe te passen.

Het apparaatje wordt, althans als men de regen wil detecteren, buitenshuis opgesteld, bijvoorbeeld gemonteerd tegen de gevel van het huis en wel zo dat goten, bomen en andere obstakels het nat worden van de sensor niet kunnen beïnvloeden. Men doet er goed aan het geheel iets hellend te monteren, zodat de regendruppels niet in het kastje kunnen dringen en de sensor na de bui zo snel mogelijk opdroogt.

Het programmeren

Niets is eenvoudiger dan dat. Het enige dat men moet doen is de basisprocedure toepassen voor het uitlezen van een datalijn (zie inleiding) en deze routine regelmatig aanroepen.

Onderdelenlijst project 12

Weerstand:

R 1 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 2 1 kilo ohm, 1/4 watt

Halfgeleider:

T 1 BC 107, npn transistor

Diversen:

1 x driepolige stekker

1 x klein stukje experimenteerprint met parallel lopende koperbanen

Windrichtingsmeter

Het meten van de heersende windrichting is een van de meest primaire metingen die men moet uitvoeren voor het kunnen opstellen van weersvoorspellingen.

Met dit project kan men de windrichting meten en laten uitlezen door de computer. Maar daarnaast biedt dit hoofdstuk ook een goed inzicht in de manier waarop men in het algemeen hoekposities kan omzetten in een digitale code, die door de computer kan worden ingelezen en vertaald in een aantal graden hoekverdraaiing.

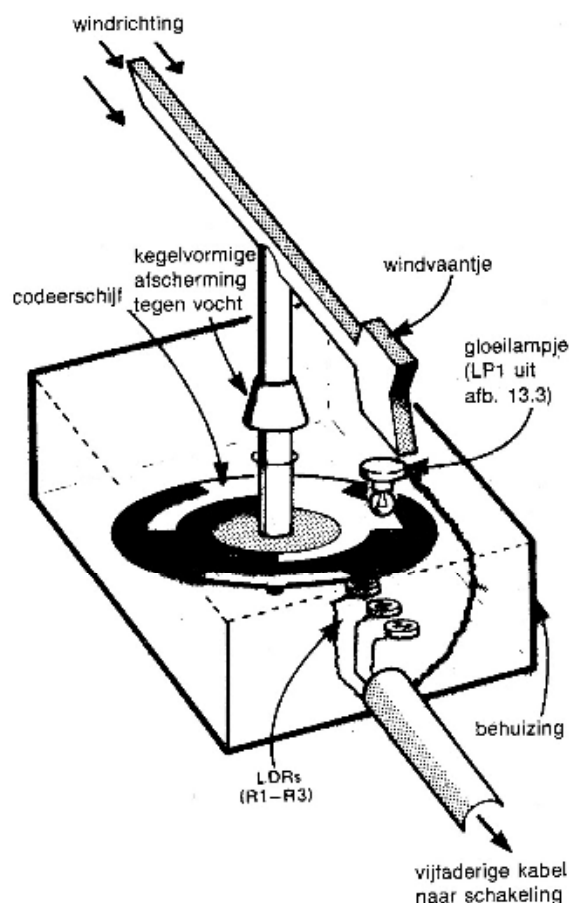
Principe van de meter

Zoals uit de doorsneetekening van afbeelding 13.1 blijkt is de meter voorzien van een soepel draaiend vaantje, dat zichzelf in het verlengde van de windrichting zal draaien. Aan dit vaantje is een transparante schijf gekoppeld, bijvoorbeeld van plexiglas. Deze schijf is voorzien van een aantal concentrische ringen, die gedeeltelijk transparant zijn gebleven en gedeeltelijk zwart. Boven deze ringen is een klein gloeilampje gemonteerd en onder elke schijf is een lichtgevoelige weerstand aangebracht.

Als het vaantje en de schijf gaan draaien, zullen de zwarte sectoren van de schijf bepaalde lichtgevoelige weerstanden afschermen. De schijf, in detail getekend in afbeelding 13.2 is nu zo van transparante en niet-transparante sectoren voorzien dat voor elke windrichting er een eenduidige combinatie bestaat van wel en niet belichte weerstanden.

Op deze manier wordt de windrichting omgezet in drie elektrische signalen. De digitale code die uit de lichtgevoelige weerstanden kan worden afgeleid komt overeen met de positie van het vaantje en dus met de windrichting. Er is echter iets bijzonders aan de hand met de manier waarop deze zwarte sectoren op de schijf zijn aangebracht. Kijk maar naar afbeelding 13.2 en ga er van uit dat een transparant sector overeen komt met een "L" en een zwart sector met een "H". Op de tekening zijn de overeenkomstige codes voor de acht verschillende richtingen gegeven. Als wij deze code op de bekende manier naar decimale getallen omrekenen, ontstaat er niet de normale volgorde 0, 1, 2, 3, 4 enz., maar 0, 1, 3, 2, 6, 7, 5 en 4.

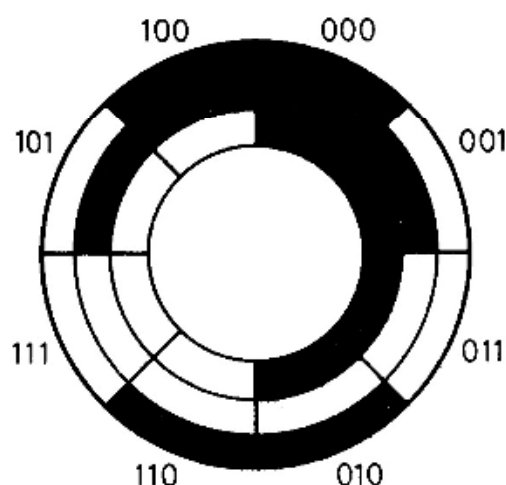
De verdeling van transparante en zwarte sectoren op de schijf voldoet dus niet aan de normale BCD-code. De gebruikte code noemt men Gray-code en deze code kenmerkt zich door het feit dat er bij elke overgang maar één bit is dat van waarde verandert. Loop de schijf maar na. Deze Gray-code wordt steeds gebruikt als men een beweging door middel van foto-elektrische technieken wil vertalen naar een door een computer te begrijpen digitale code.



Afb. 13.1 De voornaamste onderdelen van de mechanische constructie van de windrichtingsmeter.

Aan de hand van een voorbeeld zullen wij het nut en zelfs de noodzaak van deze code voor deze specifieke toepassing demonstreren. Stel dat het vaantje in noord-noord-oostelijke richting staat (code 000 in afbeelding 13.2) en dat de wind naar zuid-zuid-oost draait. Volgens de normale BCD-code zouden de uitgangssignalen bij het doorlopen van de vier sectoren op de schijf als volgt veranderen:

sector 1 : 0-0-0
sector 2 : 0-0-1
sector 3 : 0-1-0
sector 4 : 0-1-1



Afb. 13.2. Overzicht van de verdeling van de transparante en de zwarte sectoren op de decodeerschijf.

Bij de overgang van sector 1 naar sector 2 verandert alleen het laatste bit. Bij de overgang van sector 2 naar sector 3 veranderen er echter twee bits: het laatste en het middenste. In theorie kan dat geen kwaad, maar in de praktijk is het zeer onwaarschijnlijk dat deze twee bits op precies hetzelfde moment van waarde veranderen. Deze gebeurtenis is namelijk volledig afhankelijk van de mate van nauwkeurigheid waarmee de zwarte sectoren op de schijf zijn aangebracht en de preciese plaats van de lichtgevoelige weerstanden onder de schijf. Stel nu dat de constructie dusdanig is dat het middenste bit iets eerder van waarde verandert dan het laatste. Er ontstaat dan een overgangsfase, waarin de uitgangscodes gelijk zijn aan 0-1-1. Als deze waarde door de computer wordt ingelezen ontstaat er

natuurlijk een fout, want er wordt op dat moment een totaal verkeerde windrichting ingelezen. Hetzelfde probleem zou zich kunnen voordoen bij de overgang van sector 3 naar sector 4. Door het gebruik van de Gray-code kan men deze constructieve onnauwkeurigheden uitsluiten. Stel dat de wind ook nu van noordnoord-oost naar zuid-zuid-oost draait. De uitgangscodes voor de vier achtereenvolgend doorlopen sectoren wordt nu:

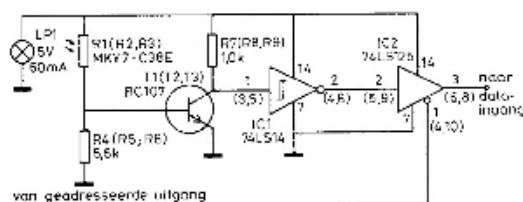
sector 1 : 0-0-0
sector 2 : 0-0-1
sector 3 : 0-1-1
sector 4 : 0-1-0

Er verandert nu steeds slechts één bit van waarde en timingfouten als gevolg van onnauwkeurige constructies zijn uitgesloten.

Elektronische schakeling

Het al dan niet belichten van de foto-gevoelige weerstanden (ook LDR's genoemd) moet worden omgezet in elektrische signalen die of "L" of "H" zijn. Dat gaat zeer eenvoudig met de in afbeelding 13.3 getekende schakeling. Uiteraard moet elke LDR op een identieke schakeling worden aangesloten.

De cijfers tussen haakjes bij de aansluitingen van de poorten verwijzen naar de juiste pennen voor de twee overige schakelingen.



Afb. 13.3. Het schema van één van de drie licht-naar-spanning omzetters die nodig zijn voor het uitlezen van de informatie van de codeerschijf.

De LDR is opgenomen in een spanningsdeler, samengesteld uit de LDR zelf en een vaste weerstand R4. Als er geen licht op de foto-gevoelige weerstand valt is zijn weerstand erg hoog, wel enige miljoenen ohm. Over de relatief kleine weerstand R4 valt nu een spanning van slechts een paar honderd millivolt en deze spanning is te laag om de transistor in geleiding te sturen. Er vloeit geen collectorstroom en de spanning op de collector is gelijk aan de voc-

dingsspanning. Deze spanning wordt aangeboden aan de ingang van een Schmitt-triggerpoort (IC1). Een Schmitt-trigger is een soort elektronische plastische chirurg, die niet erg mooi uitzijnde signalen opknapt tot zij onmiskenbaar of "L" of "H" zijn.

Deze Schmitt-trigger werkt bovendien inverterend, een "H" op de ingang wordt omgezet in een "L" op de uitgang. Een niet belichte LDR levert dus een mooie "L" op aan de uitgang van de poort. Dit signaal wordt op de eerder besproken manier aangeboden aan de ingang van een tri-state buffer (IC2) en zal, op commando van de geadresseerde uitgang, met de datalijnen van de computer worden verbonden. Als de LDR belicht wordt zakt zijn weerstand tot enige duizenden ohm. De transistor wordt nu in geleiding gestuurd en de spanning op de collector wordt nul. Dit lage signaal wordt door de inverterende Schmitt-trigger omgezet in een "H".

Bouw van de schakeling

De constructie van het windvaantje en de codeerschijf is natuurlijk het moeilijkst. Afbeelding 13.3 geeft een schets van hoe het geheel er ongeveer moet komen uit te zien. Natuurlijk hangt de constructie van uw bouwset in grote mate af van de materialen waarmee u kunt werken en de gereedschappen die ter beschikking staan.

Enkele richtlijnen:

- De schijf kan van transparant plexiglas worden gemaakt en hoeft natuurlijk niet noodzakelijk rond te wezen. Zolang de zwarte sectoren er maar cirkelvormig op worden aangebracht en het geheel ongestoord in de behuizing rond kan draaien is alles in orde.

- Wie er tegen op ziet om met het vrij moeilijk te bewerken plexiglas te werken kan de schijf ook uit een stuk dikke acetaatfolie snijden. Uiteraard is dit materiaal minder degelijk dan het harde plexiglas, maar het is mogelijk.

- De zwarte sectoren kunnen worden aangebracht met alcoholviltstift, verf of uit zelfklevende folie of zelfs uit zwarte isolatietape worden gesneden.

- De LDR's worden zo dicht mogelijk onder de schijf gemonteerd en door middel van kokertjes afgeschermd tegen het omgevingslicht.

- Het kastje moet natuurlijk zowel licht- als waterdicht worden gemaakt. Men kan de as van het vaantje aan de buitenkant van het kastje voorzien van een conusvormig randje (zie afbeelding 13.3),

zodat het regenwater dat langs de as druipet niet in het kastje kan lopen, maar via de kastwand wordt afgevoerd.

- De positie van de LDR's is natuurlijk afhankelijk van de kompas-as waarlangs het geheel wordt opgesteld. Als men code 0-00 als "noord" definieert moet men de LDR's zo ten opzichte van de codeerschijf aanbrengen dat de drie zwarte sectoren boven de LDR's staan als het vaantje naar het noorden wijst.

Tot slot een tip voor al degenen die zichzelf niet in staat achten deze toch wel ingewikkelde constructie tot een goed einde te brengen. Er zijn kant-en-klare windwijzers te koop bijvoorbeeld in winkels die gespecialiseerd zijn in educatief speelgoed. Het is vaak gemakkelijker om van zo'n fabrieksmatige constructie uit te gaan dan dagenlang moeizaam bezig te zijn met zelf iets in elkaar te knutselen dat het langer dan één week op het dak uithoudt. Let er bij aankoop natuurlijk wel op dat er plaats moet zijn voor het aanbrengen van de codeerschijf, het lampje en de LDR's.

De montage van de drie elektronische schakelingen is kinderspel vergeleken met de constructie van het windvaantje en kan eigenlijk geen probleem opleveren. De windrichtingsmeter wordt doormiddel van een vijfaderig kabeltje verbonden met de schakeling: de +5 volt (die naar het lampje en de drie LDR's gaat), de massa (voor het voeden van het lampje) en de drie overige aansluitingen van de LDR's. De schakeling zelf moet door middel van een zevenaderige kabel met de decoder worden verbonden.

Op de eerste plaats moet men natuurlijk de voeding en de massa verbinden, daarnaast de geadresseerde uitgang die het geheel met de databus verbindt en tot slot de vier datalijnen PB0 tot en met PB3. Hoewel de schakeling zelf slechts gebruik maakt van drie datalijnen is het noodzakelijk de vierde lijn constant met "L" te verbinden. Vandaar dat de vierde tri-state buffer uit IC2 zo is geschakeld, dat zijn uitgang "L" is als de schakeling wordt geenabled. De uitgang van deze vierde buffer wordt met de datalijn PB3 verbonden.

Testen van de schakeling

De waarde van de weerstanden R4, R5 en R6 is afhankelijk van het type LDR en van de manier waarop deze onderdelen en het lampje onder en boven de schijf zijn gemonteerd.

Alvorens de meter op het dak te bevestigen doet men er dan ook verstandig aan de schakeling in iets confortabeler omstandigheden uit te testen. De testprocedure kan in een aantal ogische stappen worden onderverdeeld:

1 - Sluit de schakeling in de kast aan op een 4,5 volt batterij en meet de weerstanden van de LDR's in de verschillende standen van het vaantje. De variatie op de weerstandswaarde moet minstens een factor 100 zijn. Stijgt de weerstandswaarde van een belichte LDR niet tot boven de 1 M ohm, dan betekent dit dat ofwel het kastje niet lichtdicht is, ofwel dat er strooilicht van het lampje op de LDR's valt en moet men de constructie wijzigen.

2 - Sluit de meter aan op de elektronica en meet de spanning op de collectoren van de transistoren. Bij het verdraaien van het vaantje moet de spanning omschakelen tussen ongeveer 0 volt en +5 volt. Gebeurt dit niet, dan moet men de waarde van de genoemde weerstanden experimenteel aanpassen.

3 - Meet vervolgens de spanning op de uitgang van de Schmitt-triggers. Deze moet gelijk zijn aan de geïnverteerde waarde van de spanningen op de collectoren.

4 - Verbind de enable-ingangen van de tri-state buffers (pennen 1, 4, 10 en 13) tijdelijk met de massa en controleer of de spanningen op de ingangen van de buffers op de uitgangen verschijnen.

5 - Vergeet niet dat het vaantje ook vrij moet kunnen bewegen. Probeer het geheel dus eerst even uit in de tuin of op straat en vergroot zo nodig het windvangend oppervlak of probeer de wrijving in het systeem te verkleinen.

Het programmeren

Het softwarematige verwerken van de gegevens die de windrichtingsmeter levert is zeer eenvoudig. Het enige dat moet gebeuren is het uitlezen van de vier datalijnen. Men kan hiervoor de basisroutines gebruiken, die beschreven zijn aan het slot van het inleidende hoofdstuk van dit boek. Daarna moet men acht identieke programmaregels schrijven waarin de waarde, van de variabele waarin men de gegevens heeft ondergebracht, wordt gekoppeld aan een windrichting. Deze regels hebben de volgende structuur:

```
IF X = 8 THEN WINDS = "NOORD"
```

Men kan daarna de stringvariabele WIND\$ uitlezen op het scherm of LPRINT-en op een printer. Men kan bovendien de inwendige chronometer van de computers gebruiken om een tabel op te stellen, waarin windrichting wordt gekoppeld aan de dag-indeling.

Het is mogelijk de gegevens te verwerken in een groot weersvoorspellend programma. Natuurlijk heeft men daar meerdere gegevens voor nodig, die voor een deel geleverd worden door de volgende projecten. Daarnaast moet men natuurlijk wel iets van meteorologie afweten. Er bestaan verschillende populaire boeken over dit onderwerp.

Gegevens die in het kader van dit project belangrijke informatie kunnen geven zijn bijvoorbeeld de constantheid van de windrichting, de richting waarin de wind draait, het aantal richtingsveranderingen per uur. Men kan bijvoorbeeld elke minuut de windrichting uitlezen en de gegevens opslaan in een numeriek array. Vervolgens kan men de gegevens van dit array gaan onderzoeken op constantheid of deviatie.

Onderdelenlijst project 13

Weerstanden:

| | |
|-----|--------------------------------|
| R 1 | LDR, maakt niet uit welke type |
| R 2 | idem |
| R 3 | idem |
| R 4 | 5,6 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 5 | 5,6 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 6 | 5,6 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 7 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 8 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 9 | 1 kilo ohm, 1/4 watt |

Halfgeleiders:

| | |
|-----|------------------------|
| T 1 | BC 107, npn transistor |
| T 2 | BC 107, npn transistor |
| T 3 | BC 107, npn transistor |

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|---|
| IC 1 | 74LS14, zesvoudige Schmitt-trigger |
| IC 2 | 74LS125, viervoudige buffer met tri state uitgangen |

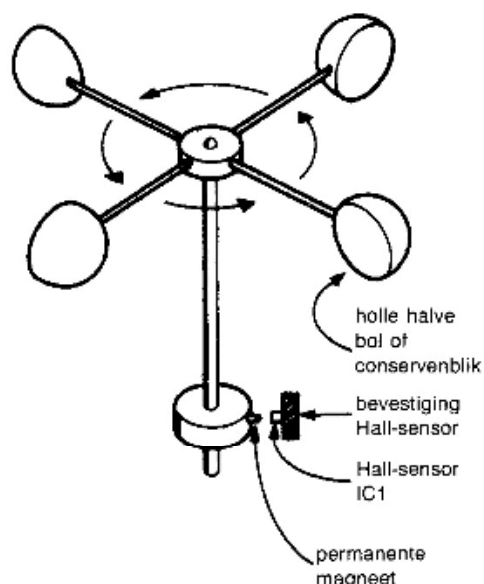
Diversen:

| | |
|-----|---|
| 1 x | LP 1, gloeilampje 6,3 volt, 60 milli ampère |
| 1 x | fitting voor lampje LP 1 |
| 2 x | 14-pens IC-voetje |
| 10x | soldeerlipje |
| 1 x | zespolige stekker |
| 1 x | driepolige stekker |

Windsnelheidsmeter

Een logische aanvulling op het meten van de windrichting is een apparaatje waarmee men de snelheid van de wind kan meten. Het principe van een windsnelheidsmeter is bekend. Een horizontaal molen-tje, voorzien van drie of vier "wieken" wordt op het dak gemonteerd (zie afbeelding 14.1). Men gaat er van uit dat de wieken met dezelfde snelheid draaien als de wind en uit de diameter van de wieken en het aantal omwentelingen dat de molen per minuut maakt kan men met enige eenvoudige wiskundige formules de windsnelheid berekenen.

In de meeste gevallen bestaan de wieken uit halve holle bollen, zodat het contactoppervlak zo groot mogelijk is en de molen als het ware door de wind wordt meegevoerd.



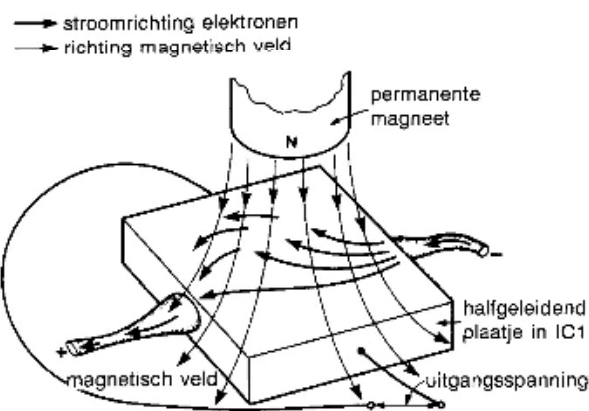
Afb. 14.1. Het principe van de mechanische constructie van de windsnelheidsmeter.

Dit project beschrijft daarnaast de algemene technieken die men kan gebruiken om elektronisch de hoeksnelheid van een voorwerp te meten. De schakeling kan niet alleen worden toegepast voor het meten van de snelheid van de wind, maar meer in

het algemeen voor het meten van de snelheid van een as. Men zou het systeem dus ook kunnen toepassen voor het met de computer sturen en regelen van de snelheid van een motor.

Schemabeschrijving

Zoals uit afbeelding 14.1 blijkt is op de as van de molen een klein wieltje bevestigd. Natuurlijk draait dit wieltje met hetzelfde toerental als de wieken van de molen. Dit wiel moet echter uit een niet-magnetisch materiaal worden gemaakt zoals hout of kunststof. Op het wiel is namelijk een klein permanent magneetje bevestigd en wel zo dat de as tussen de noord- en de zuidpool loodrecht staat op de as van de molen. De magneet draait langs een speciaal IC'tje, een zogenoemde Hall-sensor. Het principe van het fysische Hall-effect wordt toegelicht aan de hand van afbeelding 14.2. uit de natuurkundelessen op school zal men zich misschien herinneren dat er een bepaalde interactie bestaat tussen elektrische stroom en een magnetisch veld. Bij een Hall-sensor wordt een gelijkstroom door een plaatje halfgeleidend materiaal gestuurd. Loodrecht op de stroomrichting wordt de spanning die over het plaatje ontstaat afgetakt door middel van twee contacten. Als het plaatje niet aan een magnetisch veld wordt blootgesteld zullen de elektronen (een elektrische stroom bestaat uit een hoe-



Afb. 14.2. Fysische verklaring van het Hall-effect.

veelheid elektronen die zich door een geleider verplaatst) volgens de kortste weg door het plaatje halfgeleidend materiaal bewegen. Het spanningsverschil tussen beide contacten is nul. Als er nu echter een sterk magnetisch veld (loodrecht op de stroomrichting) door het plaatje wordt gestuurd, dan zullen de elektronen worden afgebogen. Er ontstaat nu wel een spanningsverschil tussen beide elektroden en dit verschil kan worden versterkt. Bij de in dit project toegepaste Hall-sensor staat er zonder magnetisch veld een spanning van ongeveer 2 volt op de spanningsuitgangen van de schakeling. Als een magnetisch veld wordt aangebracht zal de spanning op de ene uitgang iets dalen en de spanning op de andere uitgang iets stijgen. Deze spanningsvariaties kunnen worden versterkt in een operationele versterker.

Het elektronische schema van de windsnelheidsmeter is getekend in afbeelding 14.3. De operationele versterker IC2 is geschakeld als verschilversterker en vergelijkt de spanningen op beide uitgangen van de Hall-sensor IC1. Als beide spanningen aan elkaar gelijk zijn zal de uitgang van de opamp ongeveer 0 volt zijn. Als er echter een spanningsverschil ontstaat zal de uitgang van de opamp vastlopen tegen de voedingsspanning. Transistor T1 wordt in geleiding gestuurd en de collectorspanning gaat onmiddellijk van +5 volt naar 0 volt. Deze plotselinge spanningssprong wordt aangeboden aan de ingang van een teller IC3. Dit IC telt het aantal sprongen op de ingang en zal voor elke zestien sprongen één uitgangspuls opwekken. In feite wordt dus de frequentie van het signaal door zestien gedeeld.

Het aantal pulsen op de uitgang van de teller is dus gelijk aan het aantal omwentelingen van de molen gedeeld door zestien. Men kan nu softwarematig

de tijd tussen twee uitgangspulsen van de teller meten. Uit deze informatie kan men het aantal omwentelingen per minuut en daaruit de windsnelheid berekenen.

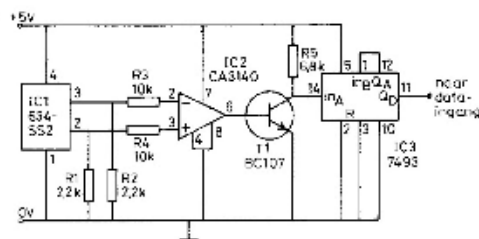
Bouw van de schakeling

Men kan het best de volledige elektronica zo dicht mogelijk bij het molentje onderbrengen. De spanningsvariaties op de uitgang van de sensor zijn zeer klein en het is niet verstandig deze spanningen over lange leidingen met de opamp te verbinden. De teller, daarentegen, levert een tamelijk laagfrequente blokspanning af en dit signaal is veel ongevoeliger voor het oppikken van stoorpulsen.

Het apparaat moet in een waterdicht kastje worden gemonteerd. De wieken van de molen hebben een lengte van ongeveer 30 cm en kunnen uit vertind staaldraad of uit betonijzer worden gezaagd. De halve bollen kunnen worden vervangen door lege conservenblikjes, die men op de wieken soldeert. Het voornaamste is dat de constructie met zo min mogelijk wrijving kan ronddraaien. De diameter van het wiel, waarop de magneet wordt bevestigd is niet belangrijk en wordt alleen bepaald door de plaats waar men de sensor kan monteren. Het enige punt waarop men moet letten is dat de afstand tussen magneetpool en huisje van de sensor niet meer dan 1 mm mag bedragen. In de meeste gevallen wordt het permanente magneetje samen met de sensor geleverd.

De schijf kan uit hout, kunststof of zelfs uit kurk worden vervaardigd. Het is natuurlijk wel noodzakelijk de as van de molen zorgvuldig te lageren. Niet alleen voor het minimaliseren van de wrijving, maar elke speling van de molen in de lagers kan tot gevolg hebben dat ofwel het magneetje te ver van de sensor draait ofwel de magneet de sensor raakt. Men doet er verstandig aan de sensor en de rest van de schakeling (na de in de volgende paragraaf beschreven testen) in te gieten in paraffine of te bespuiten met waterafstotende lak. Ochtenddauw heeft de zeer vervelende eigenschap in zelfs de kleinste ruimte binnen te dringen en het laatste dat wij kunnen gebruiken is een dunne waterfilm op onze elektronische onderdelen.

Het geheel wordt door middel van een drieadrig kabeltje met de decoder verbonden. De signalen zijn niet kritisch en men kan zonder bezwaar een zeer lange kabel toepassen, zodat het mogelijk wordt de meter hoog boven het dak te monteren.



Afb. 14.3. De volledige schakeling van de windsnelheidsmeter, samengesteld uit een verschilversterker IC2 en een 16-bits teller IC3.

Testen van de schakeling

Verbind het apparaat met een platte 4,5 volt batterij. Sluit een voltmeter aan tussen de massa en één van de uitgangen van IC1. Verdraai nu het molentje en kijk of de spanning op deze uitgang varieert als de magneet langs de sensor draait. Als dat niet het geval is, dan is misschien de afstand tussen magneet en sensor te groot en moet men de diameter van de schijf aanpassen. Gebeurt er nog niets, dan is de richting van het magnetisch veld verkeerd en moet men de magneet met de andere pool naar de sensor monteren. Verplaats vervolgens de meter naar de uitgang van de operationele versterker. De spanning moet ongeveer +5 volt stijgen als de magneet langs de sensor draait.

Is alles tot zover in orde, dan kan men de werking van de teller controleren. Sluit de voltmeter aan op de D-uitgang (pin 11) van de teller. Laat de molen draaien en begin het aantal omwentelingen te tellen op het moment dat de uitgangsspanning van de teller van waarde verandert. Voor elke zestien omwentelingen van de molen moet de uitgang van de teller één cyclus doorlopen. Een cyclus bestaat uit een overgang van "L" naar "H", vervolgens een overgang van "H" naar "L" en tot slot weer een sprong van "L" naar "H".

Programmeren van de meter

Het programma moet in staat zijn de lengte van de uitgangspuls van de teller te meten. Het hier toegepaste principe is dat men eerst wacht tot de uitgang van de teller "H" wordt. Deze situatie kan namelijk gemakkelijk door de computer herkend worden en het is dan ook logisch om deze situatie als programmastart te gebruiken. Het kan nu niet anders of er volgt een spanningssprong van "H" naar "L". Op dat moment start men de in de computer ingebouwde klok. Het ligt in de lijn der verwachtingen dat de uitgang van de schakeling eerst een bepaalde tijd "L" blijft, naar "H" springt en vervolgens weer een bepaalde tijd deze waarde behoudt. Het programma volgt deze gebeurtenissen op de voet en laat de computer telkens een oncinde lus (routine 1000) doorlopen tot niet meer aan de voorwaarde voldaan wordt. Na de stabiele "H"-toestand volgt weer een sprong naar "L", hetgeen het einde van één periode aangeeft. Op dat moment wordt de klok uitgelezen en de tijd in een variabele ondergebracht. De gemeten tijdsduur komt overeen met zestien omwentelingen van de molen. Onderstaand programma is geschreven

voor de VIC-20, waarbij de windsnelheidsmeter wordt aangesloten op datalijn PB0 van groep 1.

```
10 POKE 37138,240
20 POKE 37136,224
30 S=0:GOSUB 1000
40 S=1:GOSUB 1000
50 TIS="000000"
60 S=0:GOSUB 1000
70 S=1:GOSUB 1000
80 T=T/60
100 END
1000 R=PEEK(37136)AND1
1010 IF R=S THEN 1000
1020 RETURN
```

De wachtvoorwaarde voor de 1000-routine wordt telkens in de variabele S ondergebracht. In regel 80 wordt de tijd, uitgedrukt in seconde, ondergebracht in variabele T.

Als men er van uit gaat dat de halve bollen van de meter dezelfde hoeksnelheid hebben als de wind, dan kan men T omrekenen naar de windsnelheid volgens formule:

$$S = 3,619 \times r / T$$

In deze formule is S de snelheid in km per uur, r de straal van de molen in cm en T de tijd in seconden.

Als de straal van de molen (let wel: gemeten van het middelpunt van de as van de molen tot de buitenkant van de halve bol of het conservenblik) gelijk is aan 15 cm, dan herleidt bovenstaande formule zich tot:

$$S = 54,3 / T$$

Men kan de windsnelheid op het scherm PRINT-en met:

```
90 PRINT INT(54.3/T);"KM/H"
```

Het programma is snel genoeg om windsnelheden tot ongeveer 100 km/u te berekenen, de vraag is natuurlijk of uw constructie het zo lang uithoudt. Het bovenstaande voorbeeldprogramma kan vrij eenvoudig worden vertaald naar het dialect van de overige computers. Voor de Commodore 64 vol-

staat het de adressen die in regels 10, 20 en 1000 worden ge-POKE-ed aan de geheugenindeling van deze computer aan te passen.

Voor de BBC computer wordt het programma:

```
10 A% = &97:X% = &62:Y% = 240:CALL&
FFF4
20 X% = &60:Y% = &224:CALL&FFF4:A%
= &96
30 PROCwait (0)
40 PROCwait (1)
50 TIME = 0
60 PROCwait (0)
70 PROCwait (1)
80 T = TIME/100
90 PRINT INT(54.3/T);"km/h"
100 END
1000 DEF PROCwait(s)
1010 REPEAT R = (USR(&FFF4)AND&
10000)/&10000
```

1020 UNTIL R = S

1030 ENDPROC

Onderdelenlijst project 14

Weerstanden:

| | |
|-----|------------------------|
| R 1 | 2,2 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 2 | 2,2 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 3 | 10 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 4 | 10 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 5 | 6,8 kilo ohm, 1/4 watt |

Halfgeleider:

| | |
|-----|------------------------|
| T 1 | BC 107, npn transistor |
|-----|------------------------|

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|----------------------------------|
| IC 1 | 634SS2, Hallsensor (met magneet) |
| IC 2 | CA3140, operationele versterker |
| IC 3 | SN7493, 16-bits teller |

Diversen:

| | |
|-----|--------------------|
| 2 x | 8-pens IC-voetje |
| 1 x | 14-pens IC-voetje |
| 7 x | soldeerlipje |
| 1 x | driepolige stekker |

Thermometer

Hoewel dit project in eerste instantie een onderdeel vormt van het uitgebreide weerstation, kan men de schakeling natuurlijk ook gebruiken voor elk probleem waarbij het meten van een temperatuur aan de orde komt.

Te denken valt aan:

- Automatische temperatuurregelingen in huis.
- Op peil houden van de temperatuur van kritische baden bij kleurenfotografie.
- Inzet bij een automatisch brandmeldingssysteem, waarbij de schakeling reageert op temperaturen die onder normale omstandigheden nooit in huis voorkomen.

Dit project biedt echter veel meer. Een temperatuur is een schoolvoorbeeld van een analoge grootheid. Een grootheid die binnen een minimale en maximale waarde alle denkbare waarden kan aannemen en waarbij de overgang van de ene naar de andere geleidelijk gebeurt. Zelfs als men een thermometer opeens uit ijswater haalt en hem in kokend water stopt, zal de temperatuur van het kwikbolletje niet opeens van 0 naar 100 graden springen, maar daar enige seconden voor nodig hebben. De meeste grootheden om ons heen zijn analoge grootheden. Denk maar aan een lichtintensiteit, geluidsintensiteit, luchtdruk, vochtigheidsgraad, snelheid en afstand. Allemaal grootheden die in principe kunnen variëren door bij de oude waarde een bijna oneindig kleine fractie op te tellen of af te trekken.

Computers zijn digitaal werkende machines: de enige gegevens die zij verstaan zijn of spanning of geen spanning. Men kan een analoge waarde dan ook nooit rechtstreeks aan een computer aanbieden. Daar is een schakeling voor nodig, een zogenoemde analoog-naar-digitaal omzetter (afgekort ADC). Deze schakeling zet de analoge waarde van de te meten grootheid om in een aantal nullen en enen (geén signaal, wel signaal). Deze gegevens kunnen nu dus wel door de computer worden begrepen en verwerkt.

De in dit project toegepaste ADC werkt volgens het meest eenvoudige systeem. Er zijn echter verschillende ADC-technieken mogelijk, die hoofdzak-

kelijk van elkaar verschillen door de haalbare nauwkeurigheid, stabiliteit en resolutie. De techniek van spanning-naar-tijd omzetting, in dit project toegepast, is zeer zeker niet de meest nauwkeurige methode om een analoog signaal in een digitale code om te zetten, maar zeer bruikbaar voor eenvoudige doe-het-zelf toepassingen.

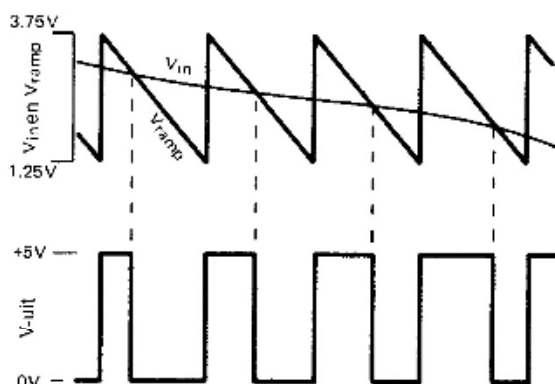
Principe van spanning-naar-tijd omzetting

In wezen is de in dit project toegepaste spanning-naar-tijd omzetting geen echte ADC. Tijd is immers ook een analoge grootheid. Maar het is elektronisch helemaal geen kunst om een tijd om te zetten in een opeenvolging van "H"- en "L"-signalen. De computer is in staat te meten of een signaal "L" of "H" is. Bovendien hebben alle computers een ingebouwde chronometer en het is een koud kunstje om deze klok te starten op het moment dat een signaal "H" wordt en te stoppen als het signaal "L" wordt. Tijd kan dus worden gemeten en wat de spanning-naar-tijd omvormer doet is de te meten analoge grootheid (in dit geval een spanning) omzetten in een digitaal signaal, waarvan de verhouding tussen het "H" en het "L" zijn een maat is voor de grootte van de spanning. Hierna kunnen wij de computer opdracht geven te meten hoelang het signaal "H" is. De gemeten tijd is dan recht evenredig met de aan de schakeling aangeboden spanning.

Het principe van de omzetting van spanning in tijd is geschetst in afbeelding 15.1.

Een analoge ingangsspanning V_{in} , voorgesteld door een schuine lijn (dit benadrukt het feit dat deze spanning een willekeurige grootte kan hebben en bovendien langzaam kan variëren) wordt vergeleken met een zaagtandspanning V_{ramp} . Een zaagtand is een spanning die van een bepaalde maximale waarde (in dit geval 3,75 volt) langzaam maar lineair daalt tot een gegeven minimale waarde (1,25 volt). Het woord "lineair" duidt er op dat de spanningsdaling per tijdseenheid constant is. Deze spanningsdaling noemt men de steilheid of de "slope" van de zaagtand en men kan zo'n signaal definiëren door te zeggen dat de maximale waarde X

is, de minimale waarde Y en de steilheid Z V/sec. De twee spanningen worden met elkaar vergeleken in een comparator. Dat is een schakeling waarvan de uitgang of "L" of "H" is. In welke toestand de uitgang zich bevindt is afhankelijk van de grootte-verhouding van de twee te vergelijken spanningen.



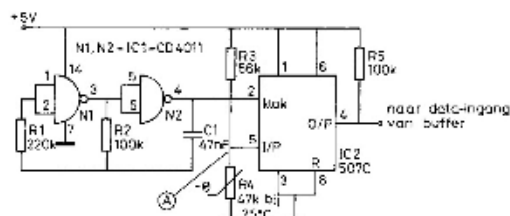
Afb. 15.1. Het principe van de spanning-naar-tijd omzetting: een analoge spanning wordt vergeleken met een lineaire zaagtandspanning. De verhouding tussen de "H"- en "L"-cyclus van de uitgangspuls van de comparator is een maat voor de grootte van de analoge ingangsspanning.

Uit de grafiek van afbeelding 15.1 volgt duidelijk dat de uitgang "H" is als de analoge ingangsspanning nooit groter of kleiner dan de zaagtand is, zal het duidelijk zijn dat de uitgang van de comparator naar "H" springt bij het begin van elke periode van de zaagtand. Op dat moment springt immers de zaagtand opeens van de minimale naar de maximale waarde en zal in elk geval groter worden dan de analoge ingangsspanning. Het moment waarop de uitgangsspanning van de comparator weer naar "L" gaat hangt nu af van de grootte van de ingangsspanning. Duidelijk blijkt uit de grafiek dat de "H"-cyclus op de uitgang breder wordt (= langer duurt) naarmate de analoge spanning kleiner wordt. Met andere woorden: als wij de breedte van de "H"-cyclus van de uitgang meten, dan kunnen wij uit deze tijdsduur de grootte van de analoge ingangsspanning afleiden.

Deze ADC-techniek is dus gedeeltelijk hardwarematig opgebouwd (de zaagtandgenerator en de comparator) en gedeeltelijk softwarematig (het meten van de "H"-cyclus van de uitgangspuls en het omzetten in een tijdsduur).

Elektronische schakeling

De schakeling is getekend in afbeelding 15.2. Het eerste dat de schakeling moet oplossen is het omzetten van een temperatuur in een spanning. Dat is geen probleem, want er bestaat een aantal elektronische onderdelen die dat klusje in "no time" opknappen. Het meest eenvoudig werkt de thermistor. Dat is een speciale weerstand, waarbij de weerstandswaarde afhankelijk is van de temperatuur. Er zijn thermistoren met een positieve en met een negatieve temperatuurscoëfficiënt. In het eerste geval stijgt de weerstandswaarde van het onderdeel als de temperatuur toeneemt, in het tweede geval daalt de weerstandswaarde onder dezelfde fysische condities. In deze schakeling moet men een thermistor met een negatieve temperatuurscoëfficiënt toepassen. De thermistor maakt deel uit van een resistieve spanningsdeeler, waarvan de tweede tak wordt gevormd door weerstand R_3 . Als de temperatuur stijgt zal de weerstand van thermistor R_4 dalen en hierdoor zal ook de spanning op punt A dalen.



Afb. 15.2. Het schema van de thermometer is samengesteld uit een astabiele multivibrator IC1, een temperatuur-naar-spanning omzetter $R_3 - R_4$ en een eenvoudige ADC (IC2).

Nu is het helaas niet zo dat er een eenvoudig verband bestaat tussen de weerstand van een thermistor en de temperatuur. Het onderdeel heeft een bepaalde basiswaarde (meestal de waarde bij 20 graden celsius) en de weerstand zal rond deze waarde de enigszins variëren als functie van de temperatuur. Bovendien bestaat er nogal wat spreiding in de karakteristieken tussen verschillende exemplaren van hetzelfde type. Om de puinhoop compleet te maken worden er veel verschillende types door diverse fabrikanten op de markt gebracht, waarbij standaardisatie ver te zoeken is.

Het komt er dus op neer dat men zal moeten experimenteren, zowel met het bruikbare type thermistor voor een bepaalde toepassing als met de

waarde van de tweede weerstand (R3) uit de spanningsdeler.

De temperatuur is omgezet in een analoge spanning, nu de zaagtand en de comparator nog. Beide deelschakelingen zijn verenigd in één IC, namelijk type 507-C. De in dit IC ingebouwde zaagtandgenerator moet echter aangestuurd worden met een extern clocksignaal. Vandaar de schakeling rond IC1. Dit is een astabiele multivibrator, een schakeling die een pulsformige spanning opwekt. Een spanning die met een bepaalde regelmaat omschakelt van "L" naar "H" en vervolgens weer van "H" naar "L". De snelheid waarmee dit gebeurt (de frequentie) wordt bepaald door de waarde van de condensator C1. De zaagtandgenerator in IC2 gaat nu op het ritme van dit clocksignaal een dalende zaagtand produceren, waarbij elke clockpuls een kleine daling van de uitgangsspanning tot gevolg heeft. In totaal is de zaagtand samengesteld uit 128 trapjes, deze verschillen onderling zo weinig van waarde dat het lijkt alsof de zaagtand echt continu daalt van de maximale waarde van +3,75 volt tot de minimale waarde van +1,25 volt.

De om te zetten ingangsspanning wordt aangeboden aan de analoge ingang van het IC (pen 5), de uitgangspuls verschijnt op pen 4. Deze uitgangsspanning volgt de in afbeelding 15.1 getekende vormen.

Bouw van de schakeling

Voor de meeste toepassingen zal het noodzakelijk zijn de thermistor buiten het kastje te plaatsen. Voor het meten van de luchttemperatuur, bijvoorbeeld, is het noodzakelijk de thermistor te plaatsen in wat meteorologisch een "thermometerhut" wordt genoemd. Dit is een klein witgeschilderd kastje (wit zodat de zonnestraling zoveel mogelijk wordt gereflecteerd en het kastje en dus de thermistor zo weinig mogelijk door rechtstreekse zonnestraling kan worden beïnvloed), met open onderkant en gelammelleerde zijanten, op een halve meter boven de grond aangebracht. De thermistor wordt in het midden van dit hutje gemonteerd. De open onderkant en de lamellen waaruit de zijanten zijn samengesteld garanderen dat de lucht vrij door het kastje kan stromen en de thermistor de temperatuur van de lucht overneemt.

De thermistor moet beschermd worden tegen vochtigheid, zowel van regen als van dauw. Hiervoor kan men de thermistor bijvoorbeeld bestrijken met parafine of ingieten in tweecomponentenhars.

De rest van de schakeling kan in een klein in de omgeving van de decoder te plaatsen kastje worden ondergebracht. Uit dit kastje komt een drieadrig kabeltje dat naar de decoder gaat: de voeding, massa en de data uitgang. Naar hetzelfde kastje voert een afgeschermd kabeltje het signaal van de thermistor aan.

Testen van de schakeling

Als men zich de gelukkige eigenaar van een oscilloscoop kan noemen moet men dit instrument aansluiten op de uitgang van IC1. Men kan dan de clockpulsen observeren, die een frequentie van ongeveer één kHz (≈ 1000 Herz) moeten hebben. De frequentie is echter niet kritisch. Hierna hangt men de scoop op de uitgang van IC2. Het signaal is ook daar een blokspanning, maar nu met een frequentie van ongeveer 8 Herz en een "hoog-laag"-verhouding die afhankelijk is van de spanning op punt A. Het is voor de goede werking van de schakeling van groot belang dat de analoge ingangsspanning nooit groter of kleiner kan worden dan de uiterste grenzen van de zaagtand. Het is bovendien niet aan te bevelen de "hoog-laag"-verhouding (in vaktermen spreekt men van duty cycle) groter te maken dan 1/20 of kleiner dan 20/1.

Men doet er goed aan de thermistor af te koelen tot iets onder de minimale werkteemperatuur en te verhitten tot iets boven de maximale werkteemperatuur die in de praktijk zal optreden, en in beide gevallen controleren of de duty cycle van het uitgangssignaal binnen de opgegeven grenzen blijft. Nu is dat gemakkelijker gezegd dan gedaan. Een paardemiddel is de thermistor achtereenvolgens in ijswater en in kokend water te dompelen. Slaat het uitgangssignaal in één van beide gevallen af, blijft het dus continu "L" of "H", dan moet men de waarde van weerstand R3 experimenteel wijzigen of een ander type thermistor gebruiken.

Wie geen oscilloscoop ter beschikking heeft kan gebruik maken van een kristal oortelefoontje. Sluit dit aan, in serie met een condensator van ongeveer 100 nano farad) tussen de massa en de uitgang van IC1. Er moet nu een tamelijk hoge fluittoon weerklinken. Sluit dit elektronische stethoscoopje aan op de uitgang van IC2. Er moet nu een snel klikkend geluid worden geproduceerd. Herhaal de beschreven afkoelende en verhittende experimenten, als het klikkende geluid wegvalt, dan weet men dat het signaal onder deze condities is weggefallen en dat men R3 of de thermistor zal moeten vervangen.

Programmeren en afregelen

Zoals reeds gezegd moet het programma de duty cycle, met andere woorden de verhouding tussen de "H"- en de "L"-cyclus, van het uitgangssignaal meten. De meest eenvoudige manier om dat te doen is de toestand van de datalijn vele honderden malen uit te lezen en het aantal keren dat de uitgang "H" is in een telvariabele op te tellen.

Stel dat de uitlezing wordt opgeslagen in de variabele R. Stel vervolgens dat R 500 maal wordt uitgelezen. Telkens als R niet gelijk is aan 0 wordt een tweede variabele, de telvariabele X met één verhoogd ($X = X + 1$). Na het doorlopen van de procedure kan men uit de waarde van X afleiden wat de duty cycle van het signaal is. De verhouding $X / (500 - X)$ geeft namelijk procentueel aan hoe lang R in de "H"-toestand verkeerde.

Het enige nadeel van deze methode is dat het wel enige seconden kan duren alvorens de computer 500 maal de procedure heeft doorlopen, maar dat is voor deze toepassing geen probleem.

Het programma voor de BBC computer:

```
10 A% = &97:X% = &62:Y% = 240:CALL&
FFF4
20 REPEAT PROCtrigger(9)
30 TIME = 0
40 IF TIME < 10 THEN 40
50 PROCtrigger(10)
60 X = 0
70 FOR J = 1 TO 500
80 PROCread(1,3)
90 IF R = 1 THEN X = X + 1
100 NEXT
110 UNTIL X > 240
120 .... enzovoort
```

De procedures PROCtrigger en PROCread zijn in de inleiding beschreven.

Goed, wij hebben nu een X-waarde die iets over de duty cycle van het uitgangssignaal. Maar hoe vertalen wij deze grootheid naar de temperatuur van de thermistor? Het enige dat er op zit is experimenteren: twee waarden van X voor twee bekende temperaturen te bepalen en met deze waarden als basis een ijkformule op te stellen.

Ga als volgt te werk.

Sluit de schakeling aan op decoder en computer, rijk het programma in en plaats de thermistor in een

glas, gevuld met ijswater en ijsblokjes. Roer af en toe en wacht minstens vijf minuten. RUN het programma verschillende malen. Men zal opmerken dat de waarde van X schommelt. Is deze schommeling zuiver statistisch (dus duidelijk rond een centrale waarde) bereken dan deze waarde door alle waarden van X op te tellen en de som te delen door het aantal metingen. Zit er echter een duidelijk verloop in de waarde van X, wacht dan nog even, want dit betekent dat de temperatuur van de thermistor nog niet uitgestabiliseerd is. Vul het glas met nieuwe ijsblokjes als de vorige lading bijna gesmolten is.

Als alles goed is moet de gemiddelde waarde van X tussen 20 en 50 liggen.

Herhaal nu de experimenten bij een bekende hogere temperatuur. Gebruik bijvoorbeeld een thermometer om de temperatuur van de watermassa op 30 graden te stabiliseren. Kies in elk geval een temperatuur die boven de maximaal in de praktijk te verwachten waarde ligt.

De waarde van X zal nu rond de 300 schommelen. Als de waarde van X-koud en X-warm te dicht bij elkaar liggen kan men geen betrouwbare gegevens verwachten. Men moet dan een andere thermistor toepassen of de waarde van R3 veranderen. Soms kan het parallel schakelen van twee of drie thermistoren verbetering brengen.

Stel echter dat alles tot nu toe goed is gegaan. Er bestaat een eenvoudige wiskundige formule (die gebruik maakt van interpolatietechnieken) om het verband tussen een willekeurige temperatuur binnen het minimum-maximum bereik en de waarde van X te berekenen.

$$t = (X - X_{\text{koud}}) * (T_{\text{warm}} / (X_{\text{warm}} - X_{\text{koud}}))$$

Een voorbeeldje: stel dat de uitlezing bij 0 graden 40 was en bij 30 graden 420. Stel verder dat een onbekende temperatuur een gemiddelde X-waarde van 150 oplevert. De onbekende temperatuur is dan gelijk aan:

$$t = (150 - 40) * (30 / (420 - 40))$$

$$t = 110 * (30 / 380)$$

$$t = 8,6 \text{ graden}$$

Men kan natuurlijk de achtereenvolgende uitlezingen van X opslaan in een array en dagelijks of zelfs

maandelijks samenvatten in temperatuurstabellen. Een leuke uitdaging is het om een programma zo te schrijven dat de computer automatisch de maximale en minimale dag- en maandtemperaturen selecteert en deze met tijdgegevens op het scherm weergeeft.

Opmerking

Drie in dit boek behandelde computers hebben een analoge ingang. Men zou zich dus kunnen afvragen waarom het noodzakelijk is de uit de temperatuur afgeleide analoge spanning door middel van IC2 in een digitale puls om te zetten. Kan men deze analoge spanning niet rechtstreeks aan de analoge ingang van de computers aanbieden?

Bij de VIC-20 en de Commodore 64 zijn analoge ingangen alleen geschikt voor het inlezen van analoge gegevens van potentiometerbestuurde stuurknuppels (zie project 11), externe spanningen mogen op deze ingangen niet worden aangesloten.

Bij model B van de BBC computer kan men inderdaad rechtstreeks de spanning op punt A uit het schema van afbeelding 15.2 aan de analoge poort aanbieden. Men kan de waarde van de analoge spanning uitlezen door gebruik te maken van de ADVAL(instructie).

Dezelfde opmerkingen gelden trouwens ook voor de twee nu volgende projecten. Als men echter de-

ze projecten samen met andere in dit boek beschreven schakelingen wil gebruiken, ontkomt men niet aan het gebruik van de decoder. En deze decoder kan alleen de digitale informatie, geleverd door IC2, verwerken. Zelfs bij gebruik van BBC model B doet men er dus toch goed aan de schakeling rondom IC2 te monteren.

Onderdelenlijst project 15

Weerstanden:

- R 1 220 kilo ohm, 1/4 watt
- R 2 100 kilo ohm, 1/4 watt
- R 3 56kilo ohm, 1/4 watt
- R 4 staaftermistor met negatieve temperatuurscoëfficiënt en 47 kilo ohm bij 25 graden Celcius
- R 5 100 kilo ohm, 1/4 watt

Condensator:

- C 1 47 nano farad, KMH

Geïntegreerde schakelingen:

- IC 1 CD4011, C-MOS viervoudige NAND-poort met twee ingangen
- IC 2 507C, spanning-naar-tijd omvormer (Texas Instr.)

Diversen:

- 1 x 8-pens IC-voetje
- 1 x 14-pens IC-voetje
- 5 x soldeerlijpje
- 1 x driepolige stekker

Barometer

Een barometer meet de druk die de luchtkolom van de atmosfeer uitoefent op het aardoppervlak. Kennis van deze luchtdruk is onmisbaar voor het voorspellen van het weer. De nadering van depressies of anti-cyclonen wordt aangekondigd door een daling of stijging van de luchtdruk. Uit deze gegevens kan men met tamelijk grote zekerheid voorspellen wat voor weer er op ons afkomt. De snelheid waarmee de druk verandert geeft bovendien een indicatie over hoe snel het weer zal omslaan. Bovendien kan men er zeker van zijn dat snelle barometerschommelingen gepaard gaan met langdurige windvlagen en dat een stabiele luchtdruk kalm weer belooft.

Er bestaan bepaalde elektronische druksensoren die ideaal zijn voor het meten van de luchtdruk. Deze onderdelen zijn echter vrij nieuw, moeilijk te verkrijgen en erg duur. Uit het kleine weerkundige lesje volgt echter dat de preciese waarde van de luchtdruk in feite redelijk onbelangrijk is voor het voorspellen van het weer. De meeste gegevens worden afgeleid uit de manier waarop de luchtdruk verandert.

Vandaar dat dit project gebruik maakt van een zeer oud en beproefd middel voor het meten van de luchtdruk: "de waterzuil".

Principe van drukvariatiemeting

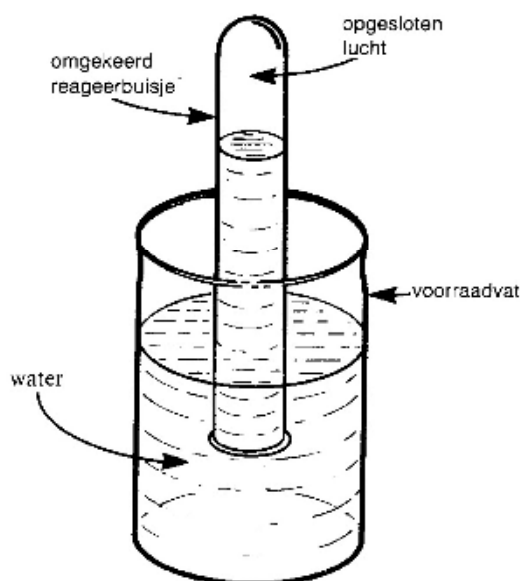
Het basisprincipe van onze luchtdrukmeter is gebaseerd op een zeer oude natuurkundige proef, die menigene nog wel uit zijn of haar schooltijd zal herinneren. De proef is bekend onder de naam "*de buis van Torricelli*" en is schematisch getekend in afbeelding 16.1. Een glazen reageerbuisje wordt gedeeltelijk met water gevuld, met de duim afgesloten, ondersteboven gehouden en in een waterkan geplaatst. Het water in het buisje zal tot een bepaald niveau dalen. Teken met een viltstift op het glazen buisje een streepje bij de waterspiegel en laat de opstelling rustig staan, dan zal men zien dat de waterkolom groter of kleiner wordt, afhankelijk van de heersende luchtdruk. Dit is vrij logisch, want de druk van de atmosfeer drukt op het wateroppervlak van de waterkan en plant zich door de vloeistof voort naar de opgesloten luchtkolom in

het reageerbuisje. Stijgt de luchtdruk, dan neemt de druk op deze luchtkolom toe, de lucht wordt samengeperst en het vloeistofniveau stijgt. Het probleem van het meten van de luchtdruk is daarmee omgezet in het meten van de hoogte van de waterkolom en dat is veel gemakkelijker.

Helaas heeft deze methode één groot nadeel, waardoor ze zonder speciale maatregelen volkomen onbruikbaar wordt voor ons doel. De lucht in het reageerbuisje kan ook uitzetten in inkrimpen onder invloed van de temperatuur. Als de temperatuur stijgt neemt het luchtvolume toe en de waterkolom wordt naar beneden geperst. Dit effect is zelfs groter dan de beïnvloeding door de luchtdruk.

Nu is het in principe best mogelijk ingewikkelde wiskundige formules op te stellen, die precies uitrekenen hoe veel het luchtvolume toe- of afneemt onder invloed van de temperatuurwijzigingen. Dit gaat in het kader van onze eenvoudige projecten echter veel te ver.

Er is gelukkig een andere, veel eenvoudiger manier. Er bestaat namelijk een wiskundig verband



Afb. 16.1. Het principe van de buis van Torricelli voor het meten van luchtdrukken.

tussen de temperatuur, de druk en het volume van een gas.

Dit verband is de geschiedenis ingegaan als *de wet van Boyle* en ziet er als volgt uit:

(druk x volume) / temperatuur = constante

Deze wet geldt onder alle omstandigheden. Als wij dus druk, volume en temperatuur van de in de reageerbuis ingesloten luchtkolom bij twee zeer verschillende luchtdrukken zouden meten, dan zouden wij kunnen berekenen dat de uitkomst van beide berekeningen exact gelijk is namelijk:

$$(P_1 \times V_1) / T_1 = (P_2 \times V_2) / T_2$$

In deze uitdrukking is P de natuurkundige afkorting van de druk, V van het volume en T uiteraard van de temperatuur. De cijfers 1 en 2 slaan op de eerste en de tweede meting waarop de grootte van de betrekking heeft.

Meestal wordt de temperatuur voorgesteld door een kleine t. Het feit dat in deze formule een hoofdletter T wordt gebruikt is zeer belangrijk. Dit duidt er op dat de temperatuur niet in onze normale graden Celsius moet worden uitgedrukt, maar in de wetenschappelijke graden Kelvin. Het verband tussen een temperatuur in graden Celsius en graden Kelvin is echter gelukkig zeer eenvoudig: indien we bij een temperatuur in graden Celsius het getal 273 optellen hebben we de temperatuur in graden Kelvin.

Het volume en de druk kunnen in willekeurige eenheden in de formule worden verwerkt.

Uit de bovenstaande formule kan men, onder bepaalde voorwaarden, de druk berekenen die op de luchtkolom wordt uitgeoefend. Deze voorwaarden zijn:

- Men moet een bepaald druk P₁ als referentie nauwkeurig kennen, deze waarde zou men bijvoorbeeld met een gewone barometer kunnen meten.
- De bij deze referentiedruk horende temperatuur en volume van de luchtkolom moeten bekend zijn. De temperatuur kan met een thermometer of met het vorige project worden gemeten, het volume kan met behulp van dit project worden bepaald worden.
- Vervolgens moet men in staat zijn de temperatuur en het volume bij een onbekende luchtdruk te meten.
- Hierna kan men (of de computer) de onbekende

tweede luchtdruk berekenen uit de formule. Enkele simpele wiskundige grapjes op de uitdrukking toepassen en er ontstaat:

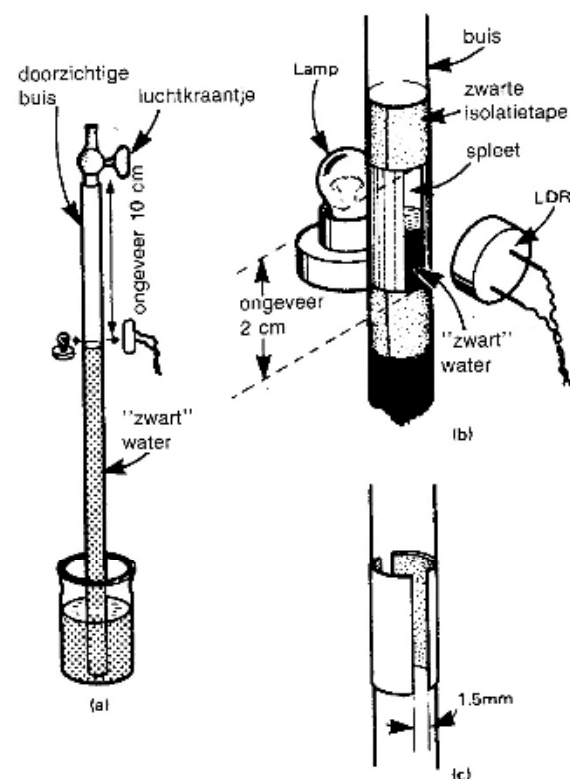
$$P_2 = P_1 \times (V_1 / V_2) \times (T_2 / T_1)$$

De onbekende luchtdruk is dus gelijk aan de bekende referentieluchtdruk, gemeten met de barometer, vermenigvuldigd met de verhouding van de volumes en de omgekeerde verhouding van de temperatuur.

Constructie van de buis van Torricelli

De "waterdrukmeter" kan met zeer eenvoudige middelen worden nagebouwd. Kijk maar naar afbeelding 16.2.

De lucht wordt opgesloten in een dunne glazen of plexiglazen buis, aan de bovenzijde voorzien van



Afb. 16.2. De constructie van de zelfbouw buis van Torricelli; a - het compleet gemonteerd apparaat; b - de constructie van de lichtsluis in detail, samengesteld uit een klein gloeilampje, een LDR en een van twee smalle spleetjes voorziene afscherming rond de buis; c - detail tekening van de lichtsluis rond de buis.

een kraantje. Zo'n kraantje is te koop bij leveranciers van educatief materiaal. De onderzijde van de buis is open en rust in een bak met water. Het water is echter zwart gekleurd, bijvoorbeeld met oostindische inkt of met sterk verdunde plakaatverf. De buis wordt nu geheel gevuld met water en omgekeerd in de bak gezet. Draai nu het kraantje voorzichtig open tot er ongeveer 10 cm lucht in de buis is gestroomd. Draai dan het kraantje onmiddellijk dicht. Breng nu zwart plakband rond de buis aan op de hoogte van de waterspiegel. Snij vervolgens aan weerszijde van de buis een dunne reep tape weg. Er ontstaan dus twee gleuven, die diametraal tegenover elkaar staan. Aan de ene kant van de buis wordt een klein lampje gemonteerd, aan de andere kant een lichtgevoelige weerstand (LDR).

Om u enig idee te geven van hoe breed de strook plakband moet zijn en waar de LDR en het lampje precies moeten worden aangebracht, kan men er van uit gaan dat de waterspiegel onder normale omstandigheden van temperatuur- en drukvariaties ongeveer twee centimeter op en neer zal bewegen.

Wat er bij deze beweging gebeurt is duidelijk. Als de waterspiegel stijgt zal het zwarte water een deel van het door het lampje uitgestraalde licht afschermen. Er valt minder licht op de LDR waardoor de weerstandswaarde toe neemt. Als de waterspiegel daarentegen daalt zal er meer licht van het lampje door de twee spleten op de LDR vallen en de weerstand neemt af. Deze weerstandvariatie is zeer gemakkelijk om te zetten in een spanningsverandering en deze grootte kan op de in het vorige project beschreven manier met een simpele ADC naar door de computer te begrijpen digitale informatie worden getransformeerd.

Nog enkele constructieve tips:

- De buis kan zowel van glas als van plexiglas zijn. Men kan bijvoorbeeld een glazen buis gebruiken, die bij aquaria wordt toegepast voor verwarming of filtering van het water.
- Wie geen leverancier weet van een "echt" laboratoriumkraantje kan een aquariumkraantje gebruiken. Let er echter wel op dat dit kraantje absoluut niet mag lekken.
- De buis kan met behulp van een van enkele gaatjes voorziene, precies passende houten schijf, in het bakje met water worden vastgezet. De gaatjes zijn noodzakelijk omdat de luchtdruk ongehinderd

zijn kracht op het wateroppervlak moet kunnen uitoefenen.

- Het gloeilampje moet op ongeveer 1 cm van de buis worden gemonteerd en ondergebracht in een lichtdichte afscherming, bijvoorbeeld een kartonnen kokertje.

- Ook de LDR moet in een kokertje worden gemonteerd en op ongeveer 1 cm van de buis worden bevestigd.

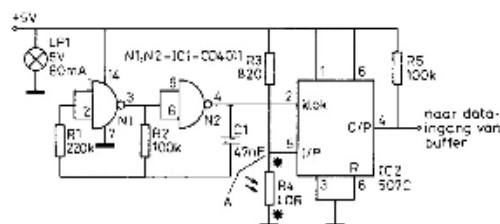
- Misschien een voor de hand liggende opmerking, maar tóch: vul het waterniveau in het bakje regelmatig bij. Het water verdampt natuurlijk en als de waterspiegel onder de monding van de buis zou dalen, loopt deze leeg.

Om u enig idee te geven van wat er wordt verwacht: bij het prototype was de weerstand van de LDR 940 ohm bij de laagste waterstand en 1,7 kilo ohm bij de hoogste stand.

Men moet er wel rekening mee houden dat dit apparaat niet lineair werkt. Gelijke drukstijgingen hebben geen gelijke waterstijgingen in het buisje tot gevolg. Het is dus niet mogelijk het apparaat voor absolute metingen te gebruiken. De resultaten zijn echter goed bruikbaar om drukkalingen of -stijgingen te detecteren en om de snelheid waarmee de luchtdruk varieert in de computer in te lezen.

Elektronische schakeling

De elektronische schakeling, getekend in afbeelding 16.3, is volledig identiek aan de schakeling die wij gebruikt hebben bij de elektronische thermometer uit het vorige project. Alleen de waarde van de weerstand in de spanningsdelers is anders en aangepast aan het weerstandsverloop van de LDR. Variaties in de waarde van de LDR worden omgezet



Afb. 16.3. Het schema van de barometer bestaat uit een multivibrator IC1, die de clockpulsen levert voor de spanning-naar-tijd omzetter IC2 en een resistieve weerstandsdeler (R3 - R4) die de hoeveelheid door de sluis doorgelaten licht omzet in een gelijkspanning.

in spanningsvariaties op punt A. Als de luchtdruk stijgt wordt de luchtkolom in de buis van Torricelli samengeperst. De waterspiegel stijgt en er valt minder licht op de LDR. De weerstand van dit onderdeel stijgt met als gevolg dat de spanning op punt A ook gaat stijgen. Deze stijgende ingangsspanning van de spanning-naar-tijd omzetter beïnvloedt de duty cycle van de uitgangspuls van de schakeling. Men kan op de in het vorige hoofdstuk beschreven manier de verhouding tussen "H"-cyclus en "L"-cyclus van de uitgangspuls softwarematig meten en uit deze gegevens de grootte van de spanning op punt A afleiden. Deze spanning bepaalt het luchtvolume, opgesloten in de buis van Torricelli.

De schakeling wordt zo dicht mogelijk bij de decoder opgesteld en door middel van een drieaderige kabel aangesloten: de voeding, de massa en de data uitgang. Het is zelfs aan te bevelen het volledige apparaat binnenshuis op te stellen: de luchtdruk binnen- en buitenshuis is gelijk. Prefereert men om de een of andere reden toch de opstelling buiten, dan kan de LDR op de met * aangeduide plaatsen door middel van een tweecaderige kabel met de elektronica worden verbonden.

Eerste software experimenten

Sluit de barometer aan op de decoder en de decoder op de computer en schakel vervolgens de apparatuur in. De schakeling maakt gebruik van dezelfde technieken als de thermometer, in principe kan men dus ook hetzelfde soort programma's toepassen. Een voorbeeldje voor de VIC-20:

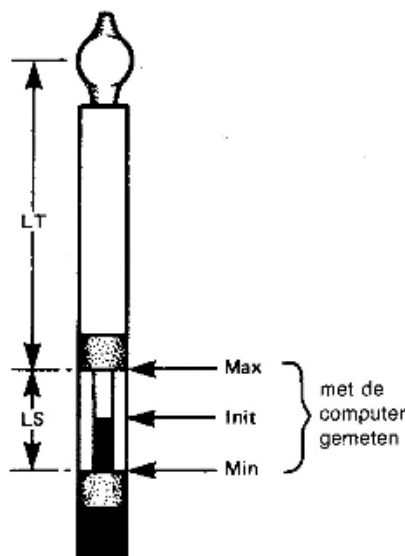
```
10 POKE 37138, 240
20 POKE 37136, 224
30 FOR J=1 TO 1000
40 R=PEEK(37136)AND2
50 IF R=2 THEN X=X+1
60 NEXT
70 PRINT X
80 X=0:GOTO 30
```

Verwijder het water uit de buis van Torricelli en RUN het programma. De waarde van X moet relatief laag zijn, iets tussen de 200 en 500, maar dit hangt in niet geringe mate af van het soort LDR en de manier waarop men de LDR en het lampje rond de buis heeft aangebracht. RUN het programma

herhaalde malen en noteer de waarde van X. Deze mag niet meer dan enige eenheden variëren van meting tot meting. Voer een twintigtal metingen uit en bereken het rekenkundig gemiddelde (waarden optellen en delen door het aantal metingen). Het resultaat is de minimale uitlezing, die wij voortaan MIN zullen noemen.

Vul nu het bakje met een mengsel van drie delen water en één deel oostindische inkt. Voeg enige druppels afwasmiddel toe of speciale "wetting agent", te koop bij de fotohandel. Deze middelen verminderen de oppervlaktespanning van het water, waardoor de waterspiegel in de buis niet bol of hol gaat staan. Open het kraantje en zuig voorzichtig de vloeistof op tot de waterspiegel boven het met tape afgeplakte gebied staat. Laat het programma weer een twintigtal keer lopen en bereken de gemiddelde waarde van X. Deze waarde is het schaalmaximum en gaat voortaan door het leven met de naam MAX. MAX moet minstens 50 á 60 eenheden groter zijn dan MIN. Is dat niet het geval, dan moet men weerstand R3 vervangen door een andere waarde en de experimenten opnieuw uitvoeren.

Open het kraantje en laat voorzichtig wat van de vloeistof uit het buisje lopen, tot de vloeistofspiegel precies in het midden van de "meetzone" staat (zie afbeelding 16.4). Wacht ongeveer een minuut,



Afb. 16.4. De verschillende fysische gegevens van de buis, die men moet opmeten om daarna in formules te gebruiken voor het berekenen van de luchtdrukken.

zodat alle aan de wand van het buisje klevende watermoleculen zijn gezakt, en RUN het programma voor de derde maal een twintigtal keer. Bereken weer de gemiddelde waarde van X, die wij nu INIT noemen.

Meet tegelijkertijd de temperatuur en de luchtdruk met een nauwkeurige thermo- en barometer.

Deze gegevens noemen wij respectievelijk T en P. Meet tot slot de lengte van de afgeplakte zone op de buis (LS) en de totale lengte van de buis boven deze zone (LT).

Al met al hebben we nu een behoorlijk aantal gegevens verzameld. Nog eens overzichtelijk samengevat:

| | |
|------|--|
| MAX | maximale uitlezing |
| MIN | minimale uitlezing |
| INIT | uitlezing bij druk P en temperatuur T |
| P | referentieluchtdruk |
| T | referentietemperatuur (in Kelvin) |
| LT | lengte van de luchtkolom |
| LS | lengte van de meetzone |

Verwerken van de gegevens in een programma

De eerste berekening die wij moeten maken is het bepalen van het volume van de luchtkolom bij de initiële waarde van druk en temperatuur. Met dit berekende volume zullen hierna alle nieuwe metingen worden vergeleken.

Wij kunnen de volgende formule toepassen:

$$V1 = LT + (((MAX - INIT) * LS) / (MAX - MIN))$$

Een voorbeeldje: stel dat de luchtkolom boven de "meetzone" 100 mm lang is, de meetzone zelf 20 mm is, MAX gelijk is aan 270, MIN gelijk is aan 200 en INIT gelijk is aan 250, dan wordt het eerste volume:

$$100 + (((270 - 250) * 20) / (270 - 200)) = 106 \text{ (afgerond)}$$

Men kan nu deze waarde in alle toekomstige metingen gebruiken, zolang er niets aan de meetopstelling verandert. Zelfs na het bijvullen van het water in het reservoir is het noodzakelijk alle tests te herhalen, omdat men er niet zeker van kan zijn dat het tweede mengsel precies hetzelfde soortgelijke gewicht heeft als de originele vloeistof.

Men kan deze gegevens in een computerprogramma verwerken en op elk moment het volume van de ingesloten lucht laten bereken. Zo'n regel zou er als volgt uit kunnen zien:

$$60 \text{ new} = 100 + (270 - X) * 20 / 70$$

De variabele new bevat na deze berekening het volume V2.

Men kan nu deze waarde gebruiken voor het berekenen van de tweede luchtdruk, volgens de formule die gegeven is in de inleiding van dit hoofdstuk. Als men de opstelling in een kamer met een vrij constante temperatuur heeft opgesteld kan men deze temperatuurscompensatie achterwege laten en de waarde van V2 rechtstreeks gebruiken voor het vergelijken van de luchtdruk. Uit het verschil tussen V2 en V1 kan men de drukstijging of -daling afleiden en door op geregelde tijden dezelfde meting uit te voeren en de verschillende waarden van de variabele "new" in een array op te slaan kan men later de computer allerlei leuke statistische berekeningen op de gegevens laten uitvoeren.

Enkele voorbeelden: berekenen van de minimale en de maximale waarde, berekenen van het maximum in de drukstijging of -daling enz. Men moet natuurlijk wel iets van wiskunde en met name van statistische berekeningen afweten.

Zoals reeds verschillende malen gezegd (maar wij herhalen het nogmaals): de grootheid V geeft weliswaar een idee van het drukverloop, maar is onbruikbaar om er absolute drukgegevens uit af te leiden. Het volume van de opgesloten lucht verandert niet lineair met de luchtdruk. Men kan uit de door de computer berekende waarde van "new" wel de nieuwe luchtdruk afleiden door een beroep te doen op de formule:

$$70 \text{ druk} = 106 * P / \text{new}$$

In deze formule stelt P de initiële druk voor, gemeten met de barometer en het getal 106 de eerder berekende waarde van V1. Men moet dit getal natuurlijk vervangen door de specifieke waarde die men in de eigen opstelling heeft berekend. De eenheid van "druk" is dezelfde als de eenheid waarin de gebruikte barometer de luchtdruk definieert. In de meeste gevallen dus millibar.

Tot nu toe hebben wij geen rekening gehouden met de invloed die de omgevingstemperatuur heeft op

het volume van de in de buis van Torricelli opgesloten luchtkolom. Wil men deze factor wel in rekening brengen, dan moet men eerst het vorige project nabouwen, aansluiten op de decoder en het programma zo aanpassen dat de waarde van de temperatuur wordt ingelezen in een variabele, bijvoorbeeld "temp".

Men kan vervolgens de formule voor het berekenen van de druk aanvullen met een compensatieformule:

$$80 \text{ druk} = \text{druk} * T / (\text{temp} + 273)$$

In deze uitdrukking stelt T de initiële temperatuur voor (zie vorige paragraaf).

Het is mogelijk de nauwkeurigheid van de metingen te vergroten door rekening te houden met een extra, tot nu toe onbesproken natuurkundig gegeven. Vloeistof verdampt en in de luchtkolom in de buis zal niet alleen lucht, maar ook waterdamp aanwezig zijn. Deze damp is een gas en volgt de natuurkundige wetten van alle gassen. Ook dit gasvormige water oefent een tegendruk uit onder invloed van de temperatuur. Door deze tegendruk zal de vloeistofkolom iets minder hoog gaan stijgen dan de bedoeling is. Men kan deze extra gasdruk compenseren door de formule van regel 80 als volgt aan te passen:

$$80 \text{ druk} = \text{druk} * T / \text{temp} + 273 - (\text{temp} * 10) / 27$$

Deze formule geeft de meest nauwkeurige drukmeting die met deze opstelling mogelijk is.

Het is echter zeer belangrijk de waarde van druk van tijd tot tijd te vergelijken met de waarde die door een "echte" barometer wordt aangegeven. Het is namelijk best mogelijk dat bepaalde fysische

grootheden in de loop der tijd veranderen, waardoor de nauwkeurigheid van de metingen gaat dalen. Om maar wat te noemen: door het verdampen van de vloeistof gaat de verhouding water tot oostindische inkt veranderen en dit heeft tot gevolg dat het soortelijk gewicht van het mengsel stijgt. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de hoogte van de waterkolom.

Zoals reeds gezegd zal ook het bijvullen van het reservoir grote afwijkingen tot gevolg hebben.

In feite moet men dit project niet als een nauwkeurige luchtdrukmeter beschouwen, maar als een leuk leerzaam natuurkundig experiment.

Onderdelenlijst project 16

Weerstand:

| | |
|-----|-------------------------------|
| R 1 | 220 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 2 | 100 kilo ohm, 1/4 watt |
| R 3 | 820 ohm, 1/4 watt |
| R 4 | LDR, maakt niet uit welk type |
| R 5 | 100 kilo ohm, 1/4 watt |

Condensator:

| | |
|-----|--------------------|
| C 1 | 47 nano farad, MKH |
|-----|--------------------|

Geïntegreerde schakelingen:

| | |
|------|--|
| IC 1 | CD4011, C-MOS viervoudige NAND-poort met twee ingangen |
| IC 2 | 507C, spanning-naar-tijd omzetter (Texas Instr.) |

Diversen:

| | |
|-----|--|
| 1 x | LP 1, miniatuur gloeilampje 6,3 volt, 60 milli ampère |
| 1 x | fitting voor LP 1 |
| 1 x | 8-pens IC-voetje |
| 1 x | 14-pens IC-voetje |
| 5 x | soldeerlipje |
| 1 x | driepolige stekker |
| 1 x | transparante buis van glas of plexiplas, 20 cm lang met een diameter van ongeveer 5 mm |
| 1 x | kraantje voor het afsluiten van de buis |

Goed, de condensator wordt dus opgeladen met een stroom die afhankelijk is van de basisstroom. De basisstroom wordt bepaald door de grootte van de weerstand R6 en de uitgangsspanning van de operationele versterker. De uitgangsspanning van dit laatste onderdeel wordt op zijn beurt bepaald door de grootte van de ingangsspanning, dus door de spanning die door de zonnecel wordt geleverd. Als wij al deze onderlinge relaties op een rijtje zetten is het duidelijk dat de stroom waarmee C1 oplaadt afhankelijk is van de zonnecel spanning en dus van de hoeveelheid zonnecnergie.

Zoals al gezegd levert de zonnecel een zeer kleine spanning. Deze spanning is zo laag dat deze niet in staat is de transistor T1 in geleiding te sturen. Een siliciumtransistor heeft namelijk een basisspanning van minstens 0,6 volt nodig, wil er sprake zijn van een basisstroom. De zonnecel zelf is niet in staat zo'n grote spanning te leveren. Vandaar de sommerende werking van de operationele versterker, die de spanning van de cel over de geleidingsdrempel van de transistor tilt. Deze extra hulpspanning wordt ingesteld door het verdraaien van de loper van de potmeter RV1.

In principe zou men dus via RV1 een hulpspanning van 0,6 volt aan de opamp moeten aanbieden. Het IC is echter geschakeld als inverterende sommeersterker, vandaar dat het noodzakelijk is met RV1 een spanning van ongeveer 1,9 volt aan de sommeerder aan te bieden. Deze spanning is precies 0,6 volt kleiner dan de spanning die op de positieve ingang (pin 3) van de opamp staat. De cel is zo geschakeld dat de negatieve pool aan de sommeer-ingang ligt en de positieve pool aan de positieve ingang van de opamp. Als de spanning van de cel stijgt, dan zal de spanning op de negatieve ingang van de opamp gaan dalen. Door de invertende werking van de schakeling zal de uitgangsspanning gaan stijgen en meer stroom in de basis van T1 sturen.

Als wij de schakeling aanzetten zal de spanning over de condensator C1 langzaam gaan stijgen. De snelheid van deze spanningsstijging is afhankelijk van de hoeveelheid zonlicht. Schijnt de zon erg fel, dan zal de spanning snel stijgen. Komt er een wolk voor de zon, dan zal de condensatorspanning veel langzamer stijgen. Het zal duidelijk zijn dat de spanning 's nachts helemaal niet stijgt.

De spanning over de integratiecondensator wordt aangeboden aan een tweede operationele versterker IC2. Dit onderdeel is geschakeld als spannings-

volger met een versterking van exact één. Dit IC wordt gebruikt als buffer tussen de condensator en de spanning-naar-tijd omvormer IC3. De analoge ingang van dit IC heeft namelijk een impedantie van slechts 110 kilo ohm. Voor de meeste toepassingen is dat meer dan genoeg. Zou men echter de condensator rechtstreeks op deze ingang aansluiten, dan zou de condensator onmiddellijk ontladen worden via deze relatief lage impedantie. De operationele versterker is echter een C-MOS type en dit soort heeft een zo goed als oneindig hoge ingangsimpedantie: meer dan 1 tera ohm ofwel 1.000.000.000.000 ohm.

Deze weerstand is zo groot dat er geen lading van C1 weglekt. Het is zelfs zo dat de lekweerstand van de condensator veel en veel kleiner is dan de ingangsimpedantie van de buffer en men kan rustig stellen dat de condensator zich gedraagt als ware hij niet belast. De buffer heeft een spanningsversterking van exact één, zoals gezegd, en dat betekent dat de spanning op de uitgang van de buffer gelijk is aan de spanning over de condensator. De gebufferde condensatorspanning wordt vervolgens op de bekende manier omgezet in een puls, waarvan de duty cycle wordt bepaald door de grootte van de ingangsspanning. Dit deel van de schakeling is uitvoerig besproken bij project 15. Zoals men uit deze bespreking weet, werkt IC3 alleen maar goed als de spanning op de analoge ingang groter is dan 1,25 volt en kleiner dan 3,75 volt. Een meetcyclus moet dus starten met C1 reeds opgeladen tot een spanning die iets groter is dan deze minimale waarde en moet in elk geval eindigen alvorens de condensatorspanning is gestegen tot boven de 3,70 volt.

De computer krijgt nu softwarematig de opdracht de spanning over C1 binnen deze grenzen te houden. Dit gaat als volgt. Twee geadresseerde uitgangen zijn aangesloten op de ingangen van een uit twee NAND-poorten samengestelde flipflop (IC4). Door één van deze twee uitgangen te initialiseren kan men de flipflop zetten. De uitgang van de schakeling wordt "H" en dit signaal sluit de elektronische schakelaar IC5. De condensator wordt ontladen via de lage weerstand R8. De spanning over het onderdeel daalt snel. Deze spanningsdaling wordt geobserveerd door de computer door het uitlezen van de data uitgang van IC3. Als de spanning over IC1 gedaald is tot ongeveer 1,72 volt wordt de tweede geadresseerde ingang geïnitialiseerd. De flipflop wordt gereset. De uitgang gaat naar "L",

de elektronische schakelaar wordt geopend. De condensator kan nu weer opladen. Na een bepaalde tijd, die zo is gekozen dat zelfs met continu felle zonneschijn de spanning over C1 nooit tot meer dan 3,75 volt kan stijgen, wordt de flipflop weer geset. De condensator ontlaadt, een tweede meetcyclus start.

Daar de meetperiode constant is, bestaat er een rechtstreeks verband tussen de spanning over de condensator op het einde van de meetperiode en de hoeveelheid zonneschijn die gedurende deze periode op de zonnecel is gevallen. De eindspanning over C1 kan op de reeds bekende manier door de computer worden uitgelezen en worden gebruikt om de zonne-energie te registreren.

Ook bij dit project geldt dat de uitlezing onbruikbaar is als absolute grootte. Men kan de uitgelezen waarden alleen vergelijkenderwijs gebruiken.

Bouw van de schakeling

Omdat de elektronische schakeling tamelijk gecompliceerd is, valt het aan te bevelen het geheel stap voor stap na te bouwen en na elke stap de werking te testen.

Maar eerst moet men natuurlijk het voornaamste onderdeel van dit project, de zonnecel, aanschaffen en op de juiste manier in een kastje inbouwen. Er zijn tegenwoordig kant-en-klaar gemonteerde zonnecellen te koop, ingebouwd in een kunststof beschermende omhulling en reeds voorzien van twee aansluitdraadjes. De prijs voor zo'n zonnecel is tamelijk fors, maar het volstaat voor dit project de kleinste cel die men kan vinden te kopen. Hoe kleiner de cel, hoe lager de energie en hoe langer men kan meten alvorens de spanning over C1 te groot wordt.

Men kan ook een cel uit een afgekeurd zonnepaneel kopen, maar deze dingen zijn zeer breekbaar en moeten met de grootst mogelijke zorg worden behandeld.

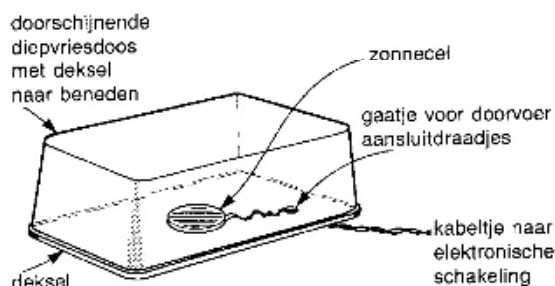
Zonnecellen (zowel de "kale" als de reeds ingebouwde) zijn zeer gevoelig voor vochtigheid. Men moet de cel dus afschermen tegen regen en dauw, terwijl het zonlicht natuurlijk ongehinderd op de cel moet kunnen schijnen. Afbeelding 17.2 geeft een idee van hoe men aan deze eisen kan voldoen. De cel wordt plat op de bodem van een transparante diepvriesdoos gemonteerd. In het deksel (dat nu bodem wordt) is een zeer klein gaatje geboord, net groot genoeg om de verbindingsdraden van de cel

door te voeren. Plak de cel op de bodem met twee componentenlijm en sluit het gaatje luchtdicht af met dezelfde lijm of met siliconenkit. Leg, alvorens de doos te sluiten, er een zakje waterdamp-absorberende korrels in. Een diepvriesdoos sluit echt luchtdicht af en deze korrels zorgen ervoor dat in de lucht aanwezige waterdamp verdwijnt. Zou later blijken dat de cel te veel spanning afgeeft, dan kan men één of meerdere vellen wit papier over de cel leggen, waardoor de uitgangsspanning zal dalen.

De zonnecel kan met twee lange draadjes met de rest van de schakeling worden verbonden op de met * aangegeven punten van afbeelding 17.1. Denk er echter wel aan dat een zonnecel gepoold is, dus een positieve en een negatieve aansluiting heeft en dat men deze niet mag verwisselen.

Bouw nu eerst de schakeling rond IC1 en T1 op. Sluit de zonnecel aan en verbind de schakeling met een batterijtje van 4,5 volt. Schakel een voltmeter over de condensator C1. Berg de zonnecel voorlopig op in een zwarte doos, zodat men er absoluut zeker van is dat er geen licht op de cel valt. Observeer de meter. Het kan zijn, dat de spanning stijgt, maar het is net zo goed mogelijk dat de naald op nul blijft staan. Verdraai nu de loper van RV1 tot de spanning over C1 stabiel blijft. Dit is een zeer kritische afregeling. Men moet voor elke stand van de loper de spanning verschillende minuten observeren. Alleen die stand waarbij de spanning ook na verschillende minuten niet verlopen is, is bruikbaar.

Het is echter op dit moment nog niet noodzakelijk deze afregeling tot in de perfectie uit te voeren. De



Afb. 17.2 De montage van de zonnecel B1 in een transparante diepvriesdoos beschermt het onderdeel tegen vocht, stof en mechanische krachten, maar laat het zonlicht ongestoord door. Eventueel kan men de gevoeligheid van de schakeling reduceren door in de doos enkele vellen wit papier over de cel te leggen.

spanningsmeter verbruikt namelijk ook een bepaalde stroom en deze zal de condensator gedeeltelijk ontladen. De echte afregeling van RV1 komt eerst aan de orde als de volledige schakeling klaar is. Haal nu de cel uit de zwarte doos. De spanning over de condensator moet stijgen, waarbij de snelheid van de stijging toeneemt als men de cel sterker belicht. Hou de cel in het volle zonlicht of plaats een 60 watt gloeilamp boven de doos. Controleer of alles naar wens verloopt.

Vervolgens kan men de schakeling rond IC2, IC3 en IC4 bedraden. Herhaal de beschreven tests, maar nu met de voltmeter verbonden met de uitgang van IC2 (pen 6). Is de condensator ondertussen volledig opgeladen, dan kan men hem weer ontladen door er even een weerstand van 1 kilo ohm over te schakelen.

Heeft men een oscilloscoop ter beschikking, dan kan men de puls op de data uitgang van de schakeling observeren. De breedte van de "H"-puls moet afnemen naarmate de condensator verder wordt opgeladen (zie afbeelding 15.1).

Soldeer tot slot de elektronische schakelaar IC5 in de schakeling. Dit IC bevat vier identieke schakelaars, waarvan er slechts één wordt gebruikt. Het is echter wel noodzakelijk de stuuringslijnen van de drie niet gebruikte schakelaars met de massa of de +5 volt voeding te verbinden. Dit is aangegeven bij de verbindingslijst in afbeelding 17.1.

De werking van de flipflop en de elektronische schakelaar kan worden gecontroleerd door de flipflop ingangen achtereenvolgens met de massa te verbinden. De flipflop schakelt dan om van set naar reset (of omgekeerd). In de ene toestand moet de spanning over de condensator C1 stijgen, in de andere toestand moet de spanning dalen. De elektronische schakelaar is dan gesloten en de condensator wordt ontladen over weerstand R8. Het ontladen gaat uiteraard veel sneller dan het laden, maar toch moet de ontlading enige seconden duren. Vergeet niet dat het de bedoeling is dat de computer het ontladproces volgt en op het juiste moment de flipflop omschakelt. Bij een te snelle ontlading is de computer niet in staat het proces op de voet te volgen.

De schakeling is nu klaar en kan door middel van een vijfaderige kabel op de decoder worden aangesloten. Twee aders voor de massa en de +5 volt voeding, twee voor de geadresseerde uitgangen en één voor de data ingang.

Herhaal nu de afregeling van RV1, waarbij de voltmeter niet over de condensator C1 maar over de uitgang van de spanningsbuffer wordt aangesloten.

Nogmaals: de schakeling is alleen bruikbaar als men deze potentiometer zo afregelt dat bij niet-belichte cel de spanning op de uitgang van de buffer absoluut (ook over een periode van 10 minuten) constant blijft.

Besturingsprogramma

Toets het programma, beschreven bij de thermometer in, waarmee men de verhouding tussen "H" en "L" van de uitgangspuls in een variabele kan inlezen.

Laat de spanning over de condensator stijgen tot een bepaalde waarde midden in het bruikbare gebied (bijvoorbeeld 2,5 volt) en RUN het programma diverse keren. De in de variabele ingelezen waarde mag nu niet meer dan enige eenheden afwijken tussen de verschillende RUN's.

Ontlaad vervolgens de condensator tot de spanning gelijk is aan 1,3 volt en dek onmiddellijk de zonnecel af. De spanning moet nu constant blijven. RUN het programma weer enige malen en bereken het rekenkundige gemiddelde van de variabele. Deze waarde wordt gedefinieerd als de minimale waarde MIN en wordt genoteerd.

De schakeling eist twee geadresseerde uitgangen en één datalijn op. Stel dat uitgang 9 wordt gebruikt voor het ontladen van de condensator (flipflop setten) en uitgang 10 voor het laden (flipflop resetten). Stel bovendien dat de data uitgang wordt aangesloten op datalijn PB3 en dat de waarde die men voor MIN heeft gevonden gelijk is aan 420. Het controleprogramma wordt dan:

```
10 POKE 37138, 240
20 POKE 37136, 144:POKE 37136, 0
30 TI$ = "000000"
40 IF TI < 6 THEN 40
50 POKE 37136, 160:POKE 37136, 0
60 X = 0:POKE 37136, 224
70 FOR J = 1 TO 500
80 R = PEEK(37136)AND8
90 IF R = 1 THEN X = X + 1
100 NEXT
110 IF X < 240 THEN 20
120 ... enzovoort
```

Even in het kort de verschillende routines doorlopen.

Regels 20 - 50: sluiten de C-MOS schakelaar gedurende een tiende seconde.

Regels 60 - 110: lezen de waarde van de condensatorspanning in in de variabele X en vergelijken deze waarde met de waarde van MIN (regel 110). Als X kleiner is dan MIN wordt de schakelaar weer gedurende 1/10 seconde gesloten en de waarde opnieuw uitgelezen. Als de waarde van X gelijk wordt aan MIN gaat de computer verder met de volgende routine die start op regel 120.

Regel 120 en de volgende: afhankelijk van wat men wil moet men de rest van het programma aanvullen. Het is wel steeds noodzakelijk een vertraging van bijvoorbeeld een kwartier in te bouwen. Na afloop van deze tijd moet de computer de waarde van de spanning uitlezen. De waarde in X is dan afhankelijk van de hoeveelheid zonne-energie die er in die periode op de cel is gevallen. Men kan deze waarde op het scherm laten zien of opslaan in een numeriek array voor latere evaluatie.

Het programma moet afsluiten met een "GOTO 20", zodat de condensator weer wordt ontladen en een nieuwe meetcyclus kan starten.

Voor de Commodore 64 geldt hetzelfde programma, maar men moet natuurlijk de adressen aanpassen.

De BBC luistert naar onderstaande instructies:

```
10 A% = &97:X% = &62:Y% = 240:CALL&
FFF4
20 REPEAT PROCtrigger(9)
30 TIME = 0
40 IF TIME(10) THEN 40
50 PROCtrigger(10)
60 X = 0
70 FOR J = 1 TO 500
80 PROCread(1,3)
```

```
90 IF R = 1 then X = X + 1
100 NEXT
110 UNTIL X > 420
120 ...enzovoort6.1
```

De procedures PROCtrigger en PROCread vindt men aan het slot van de inleiding van dit boek.

Onderdelenlijst project 17

Instelpotmeter:

RV 1 100 kilo ohm

Weerstand:

R 1 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 2 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 3 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 4 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 5 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 6 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 7 100 kilo ohm, 1/4 watt

R 8 10 kilo ohm, 1/4 watt

R 9 220 kilo ohm, 1/4 watt

R10 100 kilo ohm, 1/4 watt

Condensatoren:

C 1 4700 micro farad, 6 volt tantaal elco,
met zeer lage lekstroom

C 2 47 nano farad, MKH

Halfgeleider:

T 1 BC 107, npn transistor

Geïntegreerde schakelingen:

IC 1 CA3140, operationele versterker

IC 2 CA3140, operationele versterker

IC 3 507C, spanning-naar-tijd omzetter (Texas Instr.)

IC 4 CD4011, C-MOS viervoudige NAND-poort met twee ingangen

IC 5 CD4066, C-MOS viervoudige analoge schakelaar

Diversen:

1 x B 1, miniatuur zonnecel (zie tekst)

3 x 8-pens IC-voetje

2 x 14-pens IC-voetje

7 x soldeerlipje

3 x driepolige steker

De decoder

De decoder is het meest belangrijke onderdeel van dit boek, want

zonder deze schakeling is het niet mogelijk de meeste projecten op de computer aan te sluiten. Bovendien is de decoder onmisbaar als men verschillende projecten gelijktijdig met de computer wil laten samenwerken.

In feite is de decoder een soort politieagent, die het dataverkeer tussen de computer en de aangesloten projecten regelt. De schakeling levert uitgangssignalen aan de projecten die deze schakelingen activeren. Daarnaast zorgt de decoder ervoor dat de gegevens die door de projecten worden aangeboden op de juiste plaats in de computer terecht komen.

De elektronische werking van de schakeling wordt in de volgende paragraaf in detail besproken. Wie echter niet zo erg geïnteresseerd is in de functie van het geheel, kan deze paragraaf overslaan en onmiddellijk met de bouw beginnen.

Toch enige opmerkingen.

Afbeelding D.1 toont het volledige schema van de decoder. Links boven zijn de negen verbindingen getekend tussen de computer en de schakeling: de acht datalijnen van poort-B, afkomstig van de gebruikerspoort van de computer en de massa van het computersysteem. Het is zeer belangrijk deze massa steeds te verbinden. De massa is de retourlijn voor alle signalen en zonder massaverbinding kunnen er zeer vreemde zaken gebeuren.

- In Appendix B wordt een speciale versie van de decoder beschreven, die zonder meer op de zogenoemde "edge-connector" van de Electron computer kan worden aangesloten.

- Bij gebruik van de Electron, de VIC-20 en de Commodore 64 moet de decoder worden uitgerust met een eigen voeding. De schema's van deze voeding zijn getekend in afbeelding D.2 en D.3. De voedingen van de genoemde computers kunnen ongeveer 100 milli ampère leveren en dit is veel te weinig voor het voeden van de decoder en de beschreven projecten. De BBC computer kan 1,5 ampère leveren en dat is meer dan voldoende voor het voeden van alle in dit boek beschreven schakelingen. Als men echter een uit de computer gevoede disk

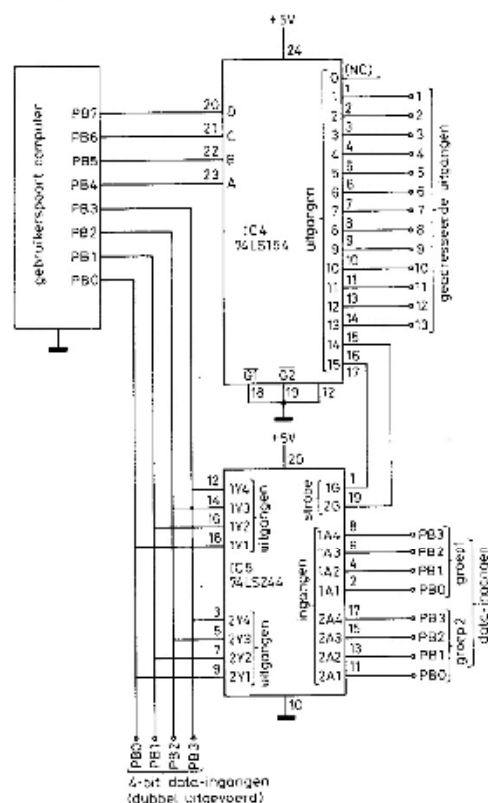
drive in gebruik heeft, valt het toch aan te bevelen de schakeling uit een afzonderlijke bron te voeden.

- Is het noodzakelijk meer dan 5 volt voedingsspanning te gebruiken, bijvoorbeeld voor de modelbesturing of het magnetische slot, dan moet de massa van deze extra voeding met de massa van de decoder en van de computer worden verbonden.

Schemabeschrijving

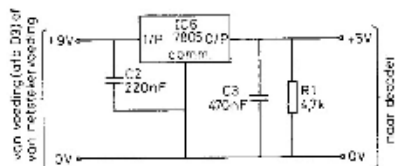
Het schema van de decoder kan in drie blokken worden gesplitst:

- de schakeling die de geadresseerde uitgangen verzorgt;



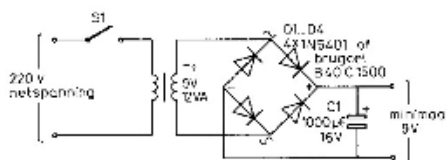
Afb. D.1. Het basisschema van de decoder is samengesteld uit een binair-naar-decimaal omzetter IC4 en een tri state poort IC5. Dit basisschema is zonder meer bruikbaar voor de Commodore 64, de VIC-20 en de BBC.

- de schakeling die enkelvoudige datalijnen ontvangt;
- de schakeling die meervoudige datalijnen inleest.



Afb. D.2. Het schema van een eenvoudige voedingsstabilisator, die moet worden gevoed uit een gelijkspanning van 9 á 25 volt en op de dubbelzijdige print van afbeelding D.4-D.5 kan worden gemonteerd.

De geadresseerde uitgangen worden door IC1 geproduceerd. Dit IC is een binair-naar-decimaal omzetter. Op de vier "select"-ingangen wordt een binaire code aangeboden. Deze code stuurt één van de zestien decimale uitgangen naar "L". De overige vijftien zijn "H". Er kan dus steeds maar één uitgang "L" zijn en het is deze uitgang die bepaalt welk project wordt geactiveerd.



Afb. D.3. Een voedingsschakeling die kan worden gebruikt voor het voeden van de stabilisator van afbeelding D.2.

Enkele voorbeelden:

Stel dat men op PB7 tot en met PB4 nullen zet. De binaire code is dan L-L-L-L, hetgeen decimaal overeen komt met 0. Het gevolg is dat uitgang 0 (pen 1) "L" wordt en de overige vijftien "H".

Als men softwarematig PB4 en PB6 "H" maakt en de twee overige datalijnen "L", dan worden de vier "select"-ingangen van het IC aangestuurd met de binaire code L-H-L-H, hetgeen overeen komt met 5 in decimale code. Onmiddellijk wordt de vijfde uitgang (pen 6) "L" en alle overige "H".

De binaire code kan op de "select"-ingangen worden aangebracht door de vier hoogste bits van poort B met een bepaalde decimale waarde te POKE-en. Bij dit voorbeeld zou men binair 0-1-0-1

op de vier hoogste bits van de poort moeten zetten. Nu kan men niet slechts een gedeelte van de acht beschikbare datalijnen POKE-en. Men moet alle acht lijnen in één keer wijzigen en de volledige binaire code wordt dan 0-1-0-1-0-0-0-0. De decimale waarde van deze binaire code is 80. Door poort B met 80 te POKE-en verschijnt de juiste binaire code op de "select"-ingangen voor het "L" maken van de vijfde uitgang van de decoder.

Een ezelsbruggetje: men kan de decimale POKE-waarde berekenen door het nummer van de te activeren uitgang te vermenigvuldigen met 16. In dit voorbeeld: $5 \times 16 = 80$.

Op één project na (de modelbesturing) worden de vier laagste bits van de poort gebruikt als ingang. Op de datalijnen PB3 tot en met PB0 verschijnt dus de informatie die door de in dit boek beschreven projecten aan de computer wordt geleverd. Het is echter niet mogelijk deze gegevens rechtstreeks op de databus te zetten. Men moet steeds een zogenoemde tri state buffer tussenschakelen. Dit zijn elektronische schakelaars, die alleen het project dat op een bepaald moment informatie levert met de bus verbinden en alle overige projecten uitschakelen.

Er zijn maar twee projecten, de beeldastaster en de windrichtingsmeter, die 4 of 3 data-bits naar de computer sturen. Deze projecten zijn voorzien van een eigen tri state buffer. De uitgangen van deze schakelingen kunnen rechtstreeks worden verbonden met de databus van de computer en vandaar dat aan de onderkant van het scherm van afbeelding D.0 de vier betreffende buslijnen PB0 tot en met PB3 rechtstreeks naar buiten zijn gebracht. De tri state buffers van deze projecten worden gestuurd uit een van de geadresseerde uitgangen van IC4. Op het moment dat deze uitgang "L" wordt zullen de elektronische schakelaars in de tri state buffers sluiten en de uitgangen van de schakeling met de databus verbinden. Omdat er slechts één geadresseerde uitgang op een bepaald moment "L" kan zijn, is het mogelijk dat de tri state buffers van verschillende projecten tegelijkertijd sluiten. Er is dus steeds slechts één project dat in staat is gegevens naar de computer te sturen.

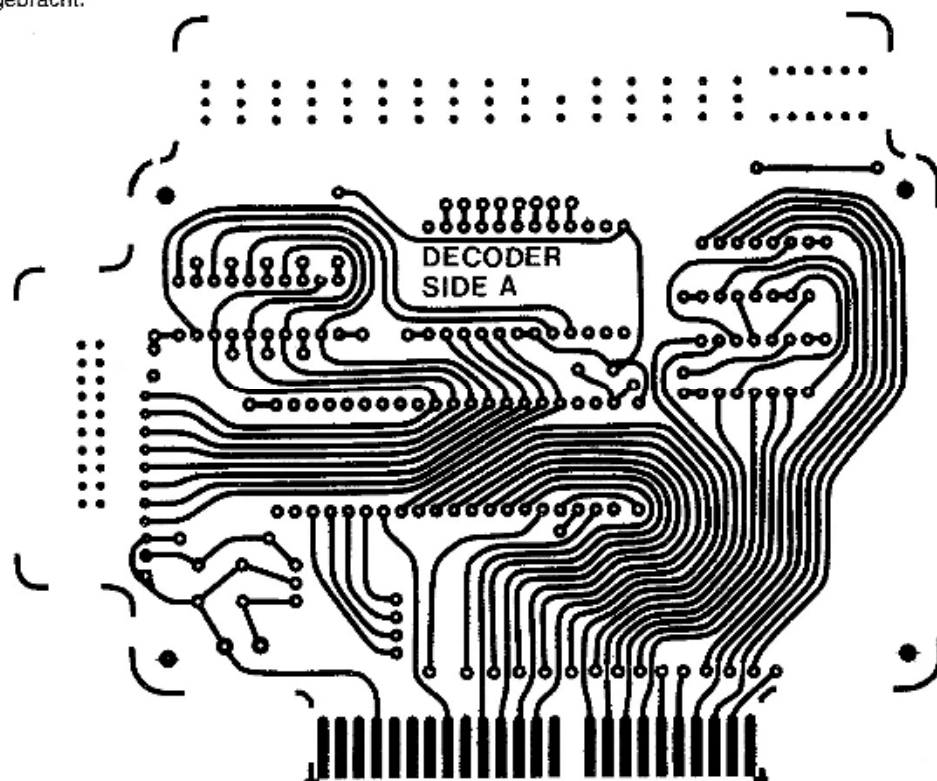
De overige projecten leveren slechts één data uitgang en het zou zeer oneconomisch zijn om deze schakelingen elk met een dure tri state buffer uit te rusten. Vandaar dat er een verzamelbuffer in de

decoder is opgenomen (IC5) die in staat is acht data ingangen met de vier datalijnen van de bus door te verbinden. Men kan dus via dit IC acht projecten op de computer aansluiten en deze één voor één uitlezen. Deze buffers zijn gegroepeerd in twee groepen van vier en alle buffers uit één groep worden gezamenlijk ingeschakeld. Voor dat inschakelen zijn twee "strobe"-ingangen 1G en 2G aanwezig en deze ingangen worden gestuurd uit twee geadresseerde uitgangen van IC4. Het is dus in principe mogelijk de gegevens van vier projecten tegelijkertijd in te lezen. Maar het is vrij moeilijk de gegevens weer uit elkaar te halen en vandaar dat men steeds slechts één project uitleest en het juiste bit door middel van de in de inleiding beschreven logische ANDoperator uit de decimale buscode afzondert.

Voedingen

Zoals reeds gezegd in de inleiding van dit hoofdstuk, zijn drie computers niet in staat om voldoende voedingsstroom aan de decoder en projecten te leveren. De 0,1 ampère die ter beschikking staat kan beter gebruikt worden voor het voeden van die schakelingen die rechtstreeks op de gebruikerspoort van de computers kunnen worden aangesloten zoals de lichtpen en de stuurknuppel. De noodzakelijke stroomcapaciteit van de externe voeding wordt bepaald door het aantal aangesloten projecten. Om u enig inzicht te geven in het stroomverbruik zij vermeld dat ingewikkelde IC's, zoals gebruikt in de decoder, ongeveer 30 milli ampère stroom trekken en de overige circa 10 milli ampère. Men kan dus voor elke opstelling ongeveer berekenen hoeveel voedingsstroom voorradig moet zijn. Bovendien is het een kleine moeite een milli ampèremeter in serie met de voedingsaansluiting op te nemen om het juiste stroomverbruik te meten.

Afb. D.4. Onderzijde van de dubbelzijdige print, waar op het basisschema, de spanningsstabilisator en zonnodig de Acorn Electron uitbreidingen kunnen worden aangebracht.



Op de in de afbeeldingen D.4 en D.5 getekende print voor de decoder is plaats gereserveerd voor een stabilisator IC en enkele condensatoren. Het schema van deze voeding is getekend in afbeelding D.2. Deze stabilisator moet worden gevoed met een ongestabiliseerde, maar goed afgevlakte gelijkspanning van maximaal 25 volt. Deze voeding moet ongeveer 1 ampère kunnen leveren. Hoe lager de spanning die deze voeding levert, hoe minder vermogen er in het stabilisator IC wordt verbruikt en hoe minder warm hij wordt. Het beste is een ongestabiliseerde spanning van ongeveer 9 volt, zoals geleverd door een aantal in de handel zijnde netstekervoedingen. Het is natuurlijk ook mogelijk zelf een voedinkje te bouwen, volgens het schema van afbeelding D.3. Het stabilisator IC (IC6) moet in elk geval worden gemonteerd op een koelplaatje.

Bouw van de decoder

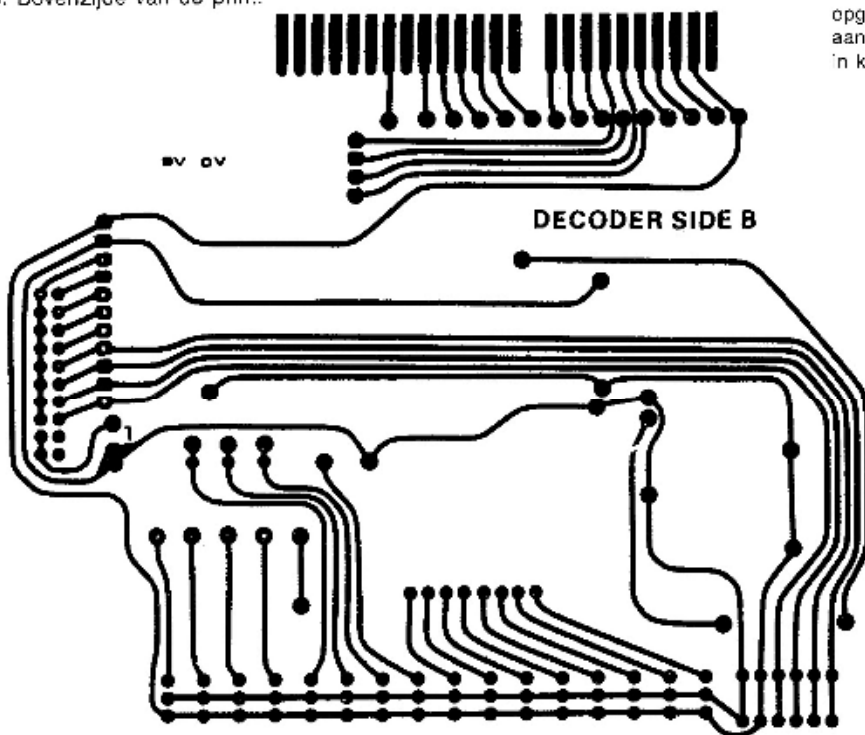
In principe kan men de decoder op de gebruikelijke manier opbouwen op een stuk gaatjes epoxy, met rond elk gaatje een klein losstaand soldeercilandje.

Er moeten echter zoveel draadjes worden gesoldeerd dat het geheel zeer onoverzichtelijk wordt. Wie veel ervaring heeft in het zelf maken van gedrukte bedrading kan het ontwerp van afbeelding D.4 en D.5 als basis gebruiken voor het zelf maken van gedrukte bedrading kan men het ontwerp van afbeelding D.4 en D.5 als basis gebruiken voor het maken van de decoderprint. De print is echter dubbelzijdig en zelfdoen is alleen haalbaar met de nodige ervaring, bij enige twijfel raden wij dan ook aan om de hulp in te roepen van iemand die wel over de nodige ervaring beschikt!.

Het ontwerp is geschikt voor alle computers, dus ook voor Electron. Het volledige schema van het printontwerp is getekend in afbeelding D.6. De functie van de geïntegreerde schakeling IC1, IC2 en IC3 wordt in Appendix B beschreven. Deze IC's zijn alleen noodzakelijk voor gebruik met de Electron computer.

De componentenopstelling van de print is getekend in afbeelding D.7. De montagevolgorde is als volgt:

Afb. D.5. Bovenzijde van de print.



opgegeven afmetingen
aangepast aan inbouw
in kast van VERO

afmetingen print: 131x108 mm

165 mm

- Breng eerst track-pins aan in de in afbeelding D.7 met een vierkantje aangegeven gaatjes. Track-pins zijn kleine vertinde pennetjes, die op een strip worden geleverd en die dienen voor het doorverbinden van de koperbanen aan de onder- en bovenzijde van de print. Duw een pennetje in een gat, soldeer de onderkant, breek het pennetje los van de strip en soldeer vervolgens de bovenkant. In totaal zijn er 78 doorverbindingen nodig.
- Monteer alle IC-voetjes op de print.
- Soldeer alle kleine onderdelen, zoals weerstanden en condensatoren.
- Monteer IC6 op een koelplaatje en soldeer dit IC loodrecht op de print.
- Soldeer de twee soldeerlipjes P1 en P2 op de

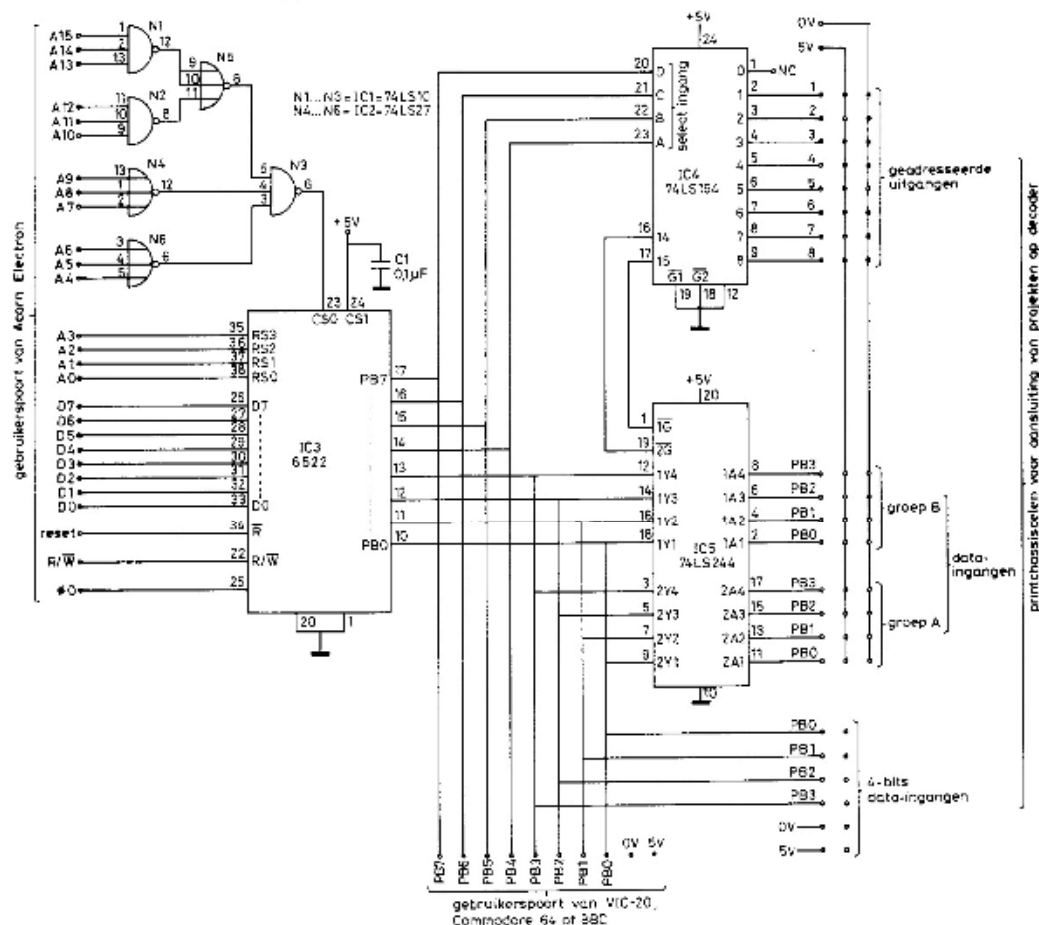
print. Op deze lipjes wordt de ongestabiliseerde spanning aangesloten.

- Draai de print om en soldeer de IDC-connector (CONN A).
- Soldeer vervolgens alle aansluitblokjes voor het verbinden van de projecten met de decoder op de achterzijde van de print.
- Monteer de IC's in de voetjes. Kijk goed uit dat er geen pootjes worden omgebogen. Dikwijls buigt een pootje naar binnen wat, als dit niet wordt geconstateerd en verholpen, later uren zoeken en veel ergenis kan lijden.

Samenvatting van te monteren onderdelen voor de verschillende computers

Commodore 64: IC4, IC5, R1, C2, C3, P1, P2, IDC-connector.

Afb. D.6. Het volledige schema van de decoder, samengesteld uit het basisschema van afbeelding D.1 en de Acorn Electron uitbreiding (IC1, IC2 en IC3).



VIC-20: IC4, IC5, R1, C2, C3, P1, P2, IDC-connector.

BBC: IC4, IC5, IDC-connector en het draadbruggetje onder de connector.

Acorn Electron: alle onderdelen behalve de IDC-connector.

Eindmontage

De afmetingen van de print zijn zo gekozen, dat het geheel op een zeer professionele manier kan worden ingebouwd in een VERO kastje nummer GP-202-21390. Dit kastje moet echter eerst worden voorbereid zoals is aangegeven in afbeelding D.9.

De flenzen op de rand van de kast en de deksel kunnen met een scherp mes worden weggesneden. Vervolgens kan men de randen netjes afwerken door ze enige malen over een op een glad oppervlak bevestigd vel fijn schuurpapier te halen.

De print wordt in de deksel geklemd, met de IC's

naar buiten. Monteer de voedingsplug in het 6 mm gat in de kast en verbindt deze plug met de voedingsaansluiting op de print (P1 en P2).

Monteer nu de deksel op de kast. Als alles goed is steken de connectoren en de aansluitblokken voor de projecten uit de openingen van de kast en men kan zowel de computer als de externe schakelingen zonder problemen aansluiten.

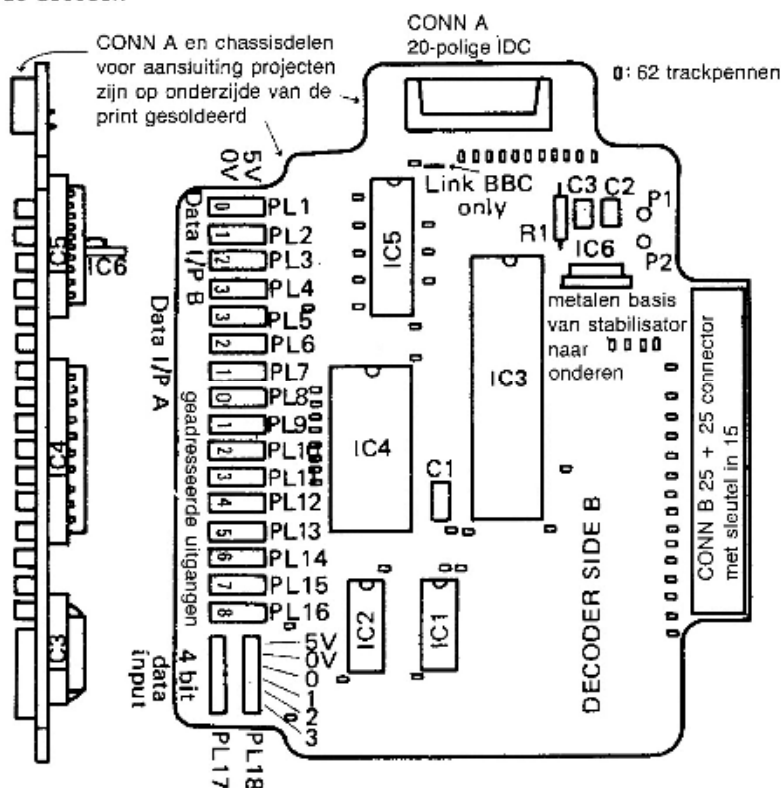
Afbeelding D.10 geeft een impressie van het eindresultaat.

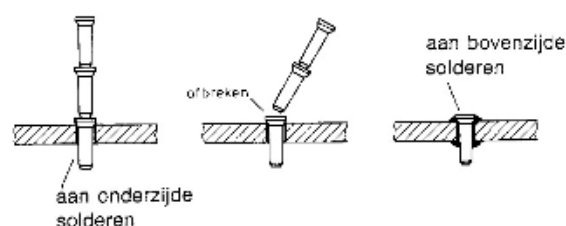
Verbindingskabels

De decoder moet met speciale connectoren en kabels op de computer worden aangesloten. Men kan deze kabels kant-en-klaar kopen, maar het is ook mogelijk deze zelf te maken.

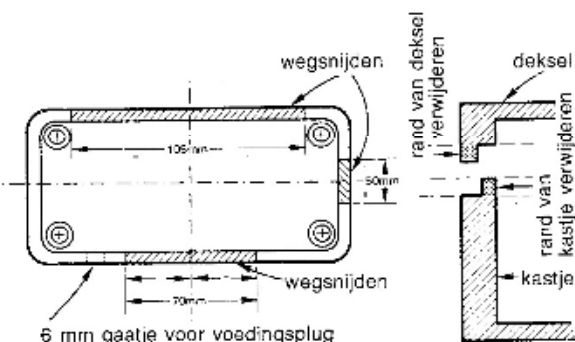
BBC: voor deze computer heeft men een ongeveer halve meter lange twintigaderig bandkabel nodig, met aan weerszijde een twintigpolige IDC-connector, zie afbeelding D.11.

Afb. D.7. Bestuikingsstekening voor de universele dubbelzijdige print van de decoder.

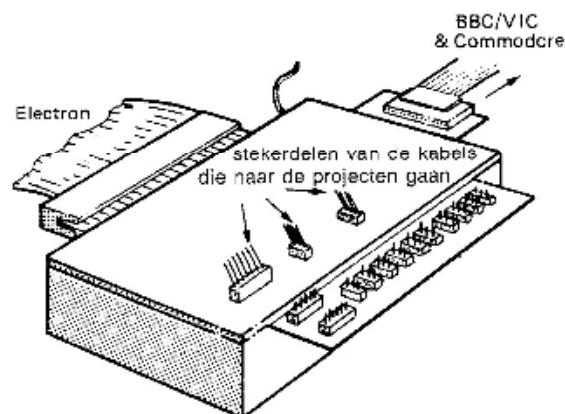




Afb. D.8. De track-pins, waarmee men op een eenvoudige manier de koperen sporen op weerszijde van een dubbelzijdige print met elkaar kan verbinden.



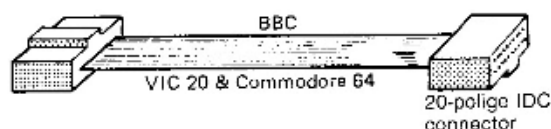
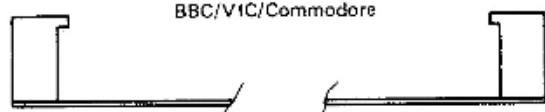
Afb. D.9. Uit deze tekening volgen de mechanische bewerkingen waaraan de VERO GP-202-21390 kast zich moet laten onderwerpen alvorens de decoder-print er in gehuisvest kan worden.



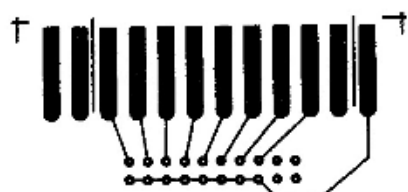
Afb. D.10. Na de inbouw van de universele print in de kast, steken de computerconnectoren en de aansluitblokje voor de diverse projecten naar buiten, zodat men de kast zonder problemen met de computer en de randapparatuur kan verbinden.



(a)
BBC/VIC/Commodore



Afb. D.11. Montage van de bandkabel voor het aansluiten van de decoder op de Commodore 64, de VIC-20 en de BBC. Let op de onderlinge stand van de twee 20-polige IDC connectoren.



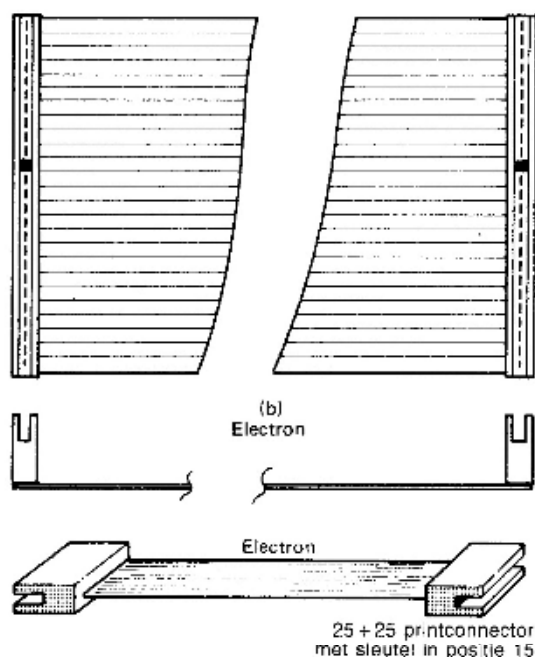
Commodore extenderprintje



Afb. D.12. Voor de Commodore 64 en de VIC-20 heeft men een klein adaptorprintje nodig om de IDC-kabel op de edge-connector van de computer te kunnen aansluiten.

Commodore 64 & VIC-20: men kan bij deze computers dezelfde kabel gebruiken als voor de BBC computer, maar dan moet men een klein aanpassingsprintje maken met aan de ene kant een IDC-connector en aan de andere kant een 12 polige edge-connector die in de gebruikerspoort van deze computers past. Details zijn in afbeelding D.12 weergegeven.

Acorn Electron: een halve meter 25-polige bandkabel met aan weerszijde een 25 polige edge-connector, met de sleutel in positie 15, zoals in afbeelding D.13 aangegeven. Afbeelding D.14 geeft een overzicht van de aansluitingen van de connector van deze computer.



Afb. D.13 Samenstelling van de Acorn Electron kabel. Let op de positie van de blokkeernok (sleutel) in de kabelconnectoren.

Afb. D.14 De signalen op de edge-connector aan de achterzijde van de Acorn Electron computer. Alleen de signalen die belangrijk zijn voor het aansluiten van de decoder op de computer zijn genoemd.

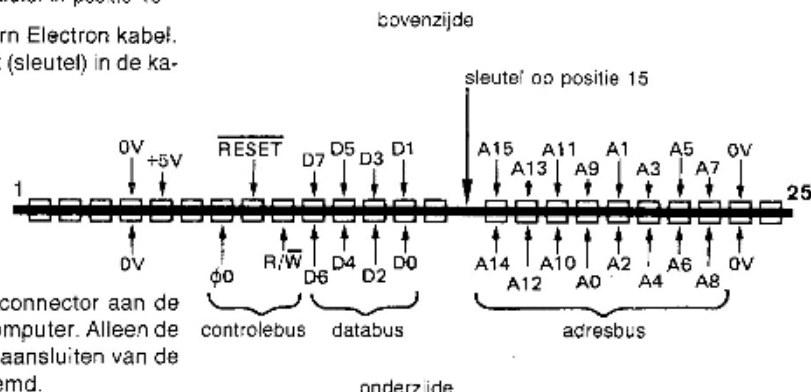
Afbeelding D.15 tenslotte geeft een indruk hoe men de decoderkast het best met de verschillende computers kan verbinden.

Testen van de decoderschakeling

De decoder is een tamelijk ingewikkelde schakeling om te worden nagebouwd en men moet er dan ook op voorbereid zijn dat er best iets fout kan gaan. In de meeste gevallen uit zich dat doordat, na het inschakelen van de computer en de decoder, er iets anders op het scherm verschijnt dan de bekende openingstekst. Is dit het geval, schakel dan onmiddellijk de decoder en de computer uit, koppel de decoder los van de computer en voer onderstaande testprocedure uit.

- Meet met een op weerstand geschakelde universeelmeter de weerstand tussen alle in- en alle uitgangen en tussen deze lijnen en de massa en nogmaals tussen deze lijnen en de voeding. Meet men ergens 0 ohm, dan duidt dit op een kortsluiting. Kortsluitingen kunnen verschillende oorzaken hebben: slecht geëtste print, waardoor kleine koperbruggetjes tussen nabijgelegen koperbanen zijn ontstaan, tinbruggetjes bij het solderen tussen koperen eilandjes op de print, onzorgvuldige montage van de kabels.

- Verwijder IC3 uit het voetje en verbind de decoder met de voeding. Schakel de universeelmeter op spanning en meet het signaal op alle uitgangen van IC4. Omdat de vier "select" ingangen open zijn (wat overeen komt met een "H") mag alleen uitgang 15 "L" zijn en alle overige uitgangen moeten "H" zijn. Het "H"-niveau kan elke spanning zijn tussen +2,4 en +5 volt, dit kan per IC verschillen. Verbind vervolgens één of meerdere ingangen van dit IC met de massa en ga na of de corresponderen-

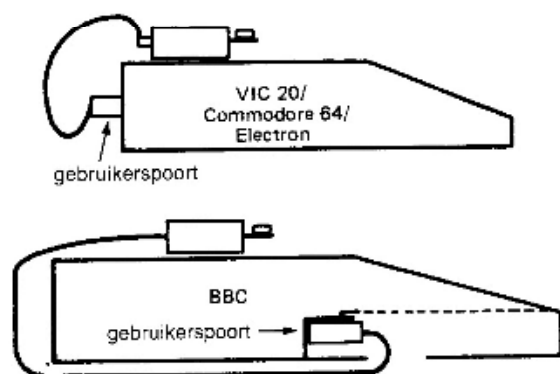


de uitgang naar "L" gaat. Legt men bijvoorbeeld PB5 aan de massa, dan wordt het IC gestuurd met de binaire code 1-1-0-1. Dit komt decimaal overeen met 13, de spanning op de dertiende uitgang moet dus "L" worden. Blijven alle uitgangen bij deze test op "H", dan kan zijn dat het IC niet met de massa is verbonden of dat één van de strobe-ingangen niet geaard is. Meet dit na met de voltmeter.

- Als alle selectieingen open zijn, moet uitgang 15 naar "L" gaan. Deze uitgang stuurt echter de tweede groep van de data ingangen open. Men kan nu testen of de tri state buffer functioneert. Meet de spanning op de vier uitgangen, deze moeten "H" zijn, want alle ingangen zijn open. Maak nu één voor één alle ingangen "L" door ze met de massa te verbinden en meet met de voltmeter of de overeenkomende uitgangen ook "L" worden.

Als één van de uitgangen het ingangssignaal niet volgt, dus constant "H" of "L" blijft, onderzoek dan de print rond IC5 op onderbrekingen in de printsporen. Vaak zijn deze onderbrekingen zo dun (haarscheurtjes in het koper), dat zij met het blote oog niet te zien zijn. Gebruik een vergrootglas en een flinke lamp. Men kan ook alle koper-sporen met een dunne laag tin bedekken. Ga daarbij zorgvuldig te werk, maak geen kortsluiting met nabijgelegen sporen.

- In de meeste gevallen zal men het foute deel van de schakeling aan de hand van deze handleiding kunnen lokaliseren. Ga er niet van uit dat nieuwe IC's altijd zonder gebreken werken. Er zitten (en dat ondanks de garantie van de fabrikanten dat alle IC's individueel getest worden) soms toch slechte IC's tussen een gefabriceerde partij.



Afb. D.15. Het aansluiten van de decoder op de verschillende computers.

- Sluit nu de decoder weer op de computer aan en schakel de voedingen in. Gebeuren er weer rare dingen, schakel dan onmiddellijk uit en, aannemende dat de computer goed functioneert, herhaal de controle procedure heel secuur stap voor stap.

- Men kan de decoder nu softwarematig testen. De programma's voor het activeren van een geadresseerde uitgang zijn beschreven in het inleidende hoofdstuk van dit boek. Activeer een bepaalde uitgang en meet met de voltmeter of deze uitgang naar "L" gaat en of alle overige uitgangen "H" blijven. Reageert de schakeling niet op de computerinstructies en heeft men bij de vorige tests geen fouten gevonden, dan kan men er bijna voor 100% zeker van zijn dat de fout gezocht moet worden in de verbindingkabel tussen decoder en computer.

- Programmeer vervolgens de data ingangen en lees de waarde van de diverse bits uit. Omdat de ingangen open zijn, moet de uitgelezen waarde gelijk zijn aan 1, 2, 4 of 8 afhankelijk van welke bit wordt uitgelezen.

Verbind, terwijl het programma loopt, de ingang van de decoder met de massa. De uitlezing moet onmiddellijk 0 worden.

Als deze laatste test de goede resultaten opleveren kan men er zeker van zijn dat de decoder het doet en kan men de projecten aansluiten.

Een allerlaatste opmerking

In de meeste gevallen zal men twee netschakelaars te bedienen hebben: één die de spanning van de computer inschakelt en één die de decoder van voeding voorziet. Soms zelfs is er een derde schakelaar aanwezig voor het voeden van schakelingen die niet uit de standaard +5 volt worden gevoed.

Maak er een gewoonte van altijd eerst de computer in te schakelen, dan de decoder en tot slot de voeding die een grotere spanning dan +5 volt levert. Schakelt men namelijk eerste de decoder in, dan kan er op sommige punten van de computerschakeling een spanning van +5 volt ontstaan. Deze spanning kan de onderdelen in de computer beschadigen als het apparaat nog niet onder spanning staat.

Schakel ook steeds alle voedingen eerst uit alvorens de decoder op de computer aan te sluiten of een project met de decoder te verbinden.

Onderdelenlijst DECODER

| | | C-64 | VIC-20 | BBC | ELECTRON |
|------------------------------------|------------------------|------|--------|-----|----------|
| <i>Weerstand:</i> | | | | | |
| R 1 | 4,7 kilo ohm, 1/4 watt | 1 | 1 | - | 1 |
| <i>Condensatoren:</i> | | | | | |
| C 1 | 100 nano farad, MKH | - | - | - | 1 |
| C 2 | 220 nano farad, MKH | 1 | 1 | - | 1 |
| C 3 | 470 nano farad, MKH | 1 | 1 | - | 1 |
| <i>Geïntegreerde schakelingen:</i> | | | | | |
| IC 1 | 74LS10 | - | - | - | 1 |
| IC 2 | 74LS27 | - | - | - | 1 |
| IC 3 | 6522 (VIA) | - | - | - | 1 |
| IC 4 | 74LS154 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| IC 5 | 74LS244 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| IC 6 | 7805 TO-220 | 1 | 1 | - | 1 |
| <i>Diversen:</i> | | | | | |
| | 14-pens IC-voetje | - | - | - | 2 |
| | 20-pens IC-voetje | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 24-pens IC-voetje | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 40-pens IC-voetje | - | - | - | 1 |
| | Track-pins | 62 | 62 | 62 | 62 |
| CONN A | 20-polig IDC | 1 | 1 | 1 | - |
| CONN B | 2x25 edge-connector | - | - | - | 1 |
| PL 1/16 | driepolig chassisdeel | 16 | 16 | 16 | 16 |
| PL17/18 | zespilig chassisdeel | 2 | 2 | 2 | 2 |
| SK 19 | voedingsaansluiting | 1 | 1 | - | 1 |
| P 1/2 | soldeerlipje | 2 | 2 | - | 2 |
| | kastje | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Extender | 1 | 1 | - | - |

De decoder en de Acorn Electron

De Acorn Electron computer heeft geen ingebouwde VIA of CIA. Men kan de decoder dus niet zonder meer op de databus aansluiten. De dubbelzijdige print die in het vorige hoofdstuk is besproken, biedt echter onderdak aan een VIA-IC en de voor het sturen van deze schakeling noodzakelijk logische schakelingen, zodat men de decoder toch op de Electron kan aansluiten.

Schemabeschrijving

De extra schakeling (IC1, IC2 en IC3 in figuur D.6) is opgebouwd rond een VIA van het type 6522. Dit is hetzelfde IC dat standaard in de VIC-20 en de BBC-computer is ingebouwd.

De VIA wordt opgenomen tussen de datalijnen D0 tot en met D7 van de computerbus en de buitenwereld. Er moet echter een bepaald adres worden geselecteerd voor zowel het activeren van het IC als voor het oproepen van poort B en het data direction-register B (DDRB). Vandaar de adresseerlogica rond IC1 en IC2. De uitgang van deze schakeling (pen 6 van IC1) is verbonden met de "chip select 0"-ingang van de VIA. Deze uitgang wordt "L" (en de chip geactiveerd) als er op de adresbus een adres staat in het bereik van &FC00 tot en met &FC0F. De vier laagste bits van de adresbus zijn rechtstreeks verbonden met de "register-select"-ingangen van de VIA. Door nu op deze vier lijnen een bepaalde binaire code aan te leggen kan men of poort B of het DDRB-register adresseren. De adresseerschakeling bepaalt, samen met de aansluitingen van de adresbus op de "register select"-ingangen, de adressen voor de poort B en het DDRB-register.

Deze belangrijke adressen zijn:

&FC00 (decimaal 64512) voor poort B;

&FC02 (decimaal 64514) voor het DDRB-register.

Nu deze gegevens bekend zijn, kan men de Acorn Electron op dezelfde manier programmeren als de overige computers, met dit verschil dat men de juiste adressen moet invoeren in de POKE- en PEEK-instructies.

In de meeste gevallen kan men zelfs de BBC-programma's zonder meer (op de adressen na, natuurlijk) overnemen.

Zoals uit het schema blijkt, bestaan er nog een heleboel andere verbindingen verbindingen tussen de computer en de VIA. Het zou te ver gaan om deze allemaal te behandelen. Slechts enkele opmerkingen, dus.

De VIA moet weten of het de bedoeling is gegevens van de computerbus aan de buitenwereld aan te bieden of gegevens van de buitenwereld in de computer te leiden. De spanning op de READ/WRITE-lijn (R/W) geeft de richting van de datastroom aan. Is deze lijn "L", dan kunnen er gegevens naar de VIA worden gestuurd. Is deze lijn "H", dan heeft de computer toegang tot de registers in de VIA en kunnen gegevens in de computer worden ingelezen.

De RESET-ingang van de VIA is verbonden met de RESET-lijn van de computer. Dit heeft tot gevolg dat alle in de VIA aanwezige registers worden gereset als de computer wordt gereset, bijvoorbeeld bij het drukken op de BREAK-toets.

De werking van de VIA moet worden gesynchroniseerd met de werking van de computer. Vandaar dat het noodzakelijk is één van de computerclock signalen (O/) met de clocking van de VIA-chip te verbinden.

Het testen van de Acorn-decoder

Het gedeelte van de schakeling rond IC4 en IC5 kan op de in Appendix A beschreven manier worden gecontroleerd op fouten. De specifieke VIA-schakeling kan als volgt worden getest.

Men moet enige eenvoudige BASIC-instructies invoeren, die worden afgesloten met een druk op RETURN.

Onderstaande instructie definieert alle lijnen van poort B als uitgang:

```
DDRB = 64514: ?DDRB = 255
```

Men kan vervolgens diverse waarden naar het register sturen door gebruik te maken van:

```
PORTB = 64512: ?PORTB = 1
```

Met deze instructie wordt datalijn 1 "H" en alle overige lijnen "L". Men kan dit met een voltmeter controleren: meet de spanning op de corresponderende uitgang van IC3. Voer andere getallen in tussen 0 en 256 en meet de spanning op de uitgangen. Voldoen deze spanningen niet aan de verwachtingen, schakel dan de decoder en de computer uit en controleer de schakelingen rond IC1, IC2 en IC3 op kortsluitingen en onderbrekingen. Reageert de VIA in het geheel niet op de instructies, controleer dan de R/W- en CLOCK- verbindingen.

Men kan tot slot ook de decoder weer met de computer verbinden en met de in project 1 beschreven schakeling testen of er op pin 8 van IC2 een "L"-puls ontstaat bij het uitvoeren van bovenstaande instructie.

Definieer vervolgens de lijnen van poort B als ingang:

```
DDRB = 64514: ?DDRB = 0
```

Lees de poort uit met:

```
PORTB = 64512: X = ?PORTB: PRINT X
```

Zolang er niets op de poort is aangesloten zijn alle datalijnen "H" en dus moet het resultaat 255 zijn.

Verbind nu één of meerdere ingangen van de poort (PB0 tot en met PB7) met de massa. De uitgelezen waarde moet veranderen en gelijk worden aan het decimale equivalent van de binaire ingangscodes. Verbindt men bijvoorbeeld PB0 met de massa, dan wordt de uitlezing gelijk aan 254 (binair 1-1-1-1-1-1-1-0). Het aan massa leggen van PB7 levert 128 op (binair 0-1-1-1-1-1-1-1).

Het programmeren van de Acorn Electron

Zoals reeds gezegd kan men in de meeste gevallen de programma's voor de BBC computer zonder meer overnemen (natuurlijk wel de poort- en DDRB-adressen aanpassen). Er zijn twee uitzonderingen.

Lichtpen: de Electron heeft geen ingang voor het aansluiten van een lichtpen, dus men moet te werk gaan zoals beschreven voor de BBC model A computer.

Potentiometerbesturing: de Electron heeft geen analoge ingang. Bouw het schema voor de BBC na (afbeelding 11.1c), maar voer de spanning op de loper van de potentiometer naar de ingang van een 507C ADC (zie afbeelding 15.1). De gegevens van de potentiometer kunnen op de bij project 15 beschreven manier in de computer worden ingelezen.

APPENDIX C

Printplaat en kabels

De dubbelzijdige printplaat voor de decoder en de diverse verbindingskabels tussen de decoder en de computers zijn leverbaar door de engelse firma:

Kelan Engineering Ltd.

Circuit Products and Components Division

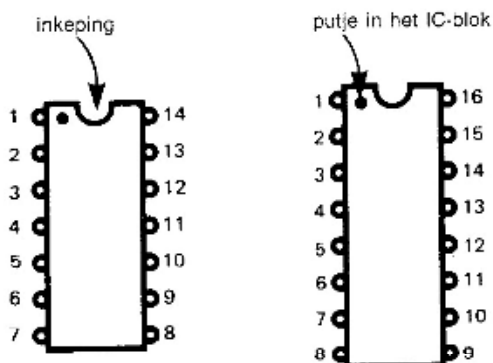
Farnell Technology Park

Boroughbridge

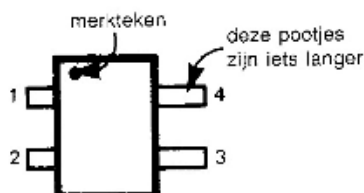
YO5 9UY North Yorks, England

De uitgever van dit boek is echter op geen enkele manier betrokken bij de fabricage of levering van deze onderdelen. Alle verzoeken om inlichtingen en eventuele klachten moeten rechtstreeks aan genoemde firma worden gericht.

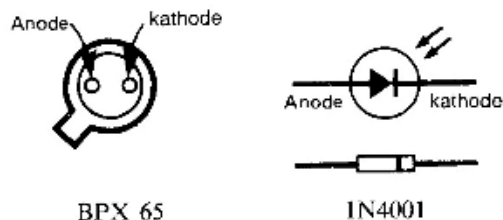
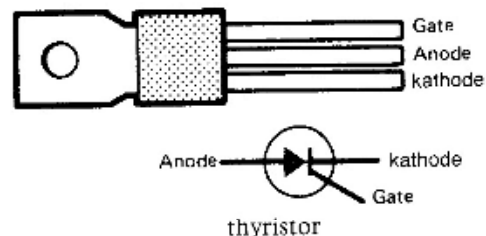
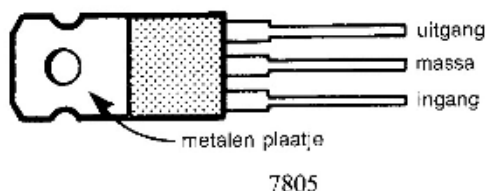
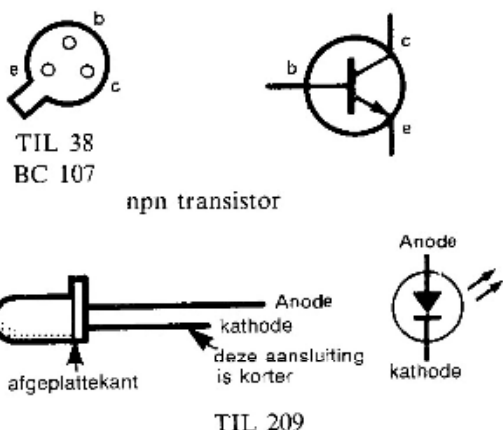
Aansluitgegevens van halfgeleiders en IC's



Afb. A.1. De standaard nummering van de pennen van geïntegreerde schakelingen gezien aan de bovenzijde.



Afb. A.2. Aansluitgegevens van de 634SS2 Hall-sensor (bovenaanzicht).



Afb. A.3. Algemeen overzicht van de aansluitgegevens van de transistoren, diode en thyristoren, LED's en fotodioden die in de in boek beschreven schakelingen worden gebruikt.

In dit boek worden eenvoudige elektronische schakelingen beschreven, die men kan aansluiten op Commodore 64, VIC-20, Acorn Electron of BBC computers. Alle schakelingen zijn door de auteur uitvoerig getest. De beschreven schakelingen zijn eenvoudig en in de meeste gevallen opgebouwd uit slechts enkele goedkope transistoren en geïntegreerde schakelingen. De noodzakelijke bedrading is tot een minimum teruggebracht.

Ook in het gebruik kenmerken de beschreven apparaatjes zich door eenvoud: de noodzakelijke software bestaat uit kleine en gemakkelijke BASIC programma's die rechtstreeks in de computer kunnen worden ingetoetst.

Ervaren BASIC-programmeurs zullen echter veel genoeg kunnen beleven aan het uitbreiden van de eenvoudige listings en alle mogelijkheden van de eenvoudige schakelingetjes door uitgebreidere programma's volledig tot hun recht laten komen. Niet zo ervaren programmeurs wordt echter aangeraden zich in eerste instantie te beperken tot het ongewijzigd overnemen van de opgenomen listings.